日本水產學會誌

第十九卷　第四號

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries

Vol. 19, No. 4, 1953

理學博士

田内森三郎先生
還曆記念論文集

The Memorial Number of
Dr. M. TAUTI's 61 st Birthday

昭和二十八年
日本水產學会
The Japanese Society of Scientific Fisheries
TOKYO

理學博士

田内森三郎先生
還曆記念論文集

The Memorial Number of
Dr. M. TAUTI's 61 st Birthday

昭和二十八年

日本水産学会

The Japanese Society of Scientific Eisheries
TOKYO

理學博士田内森三郎先生還暦記念論文集刊行の辭

現本学会々長東京水産大学教授理学博士田内森三郎先生には昨昭和二十七年五月十五日還暦の賀を迎えられ，同年四月挙行の本学会総会に於ては先生の水産学界に貢献された偉大な功績と本学会育成発展に尽された多大な御努力に対し満場一致之が慶祝の意を表わす方途として還暦記念論文集の発刊が決議されました。特にそのため実行委員会が設けられ着々準備が進められて参つたのでありますが，刊行には意外の日時を要し漸く此処にその実現を見，祝賀の微意を表する事が出来る運びとなりましたことは誠に慶賀の至りにたえない次第であります。

先生は明治二十五年五月十五日名古屋市中村区米屋町二ノ一〇に生まれ，大正六年七月旧東京帝国大学理論物理学科を卒業，同年十二月歩兵第六聯隊に入営，時あたかもシベリヤ出兵の時にあたり七年八月動員下令後具加爾に出征翌八年九月帰還十一月帰休除隊となり，九年五月水産講習所教授に任ぜられ，以来昭和二十一年三月から二十四年六月の間，水産試験場々長の職に転ぜられた以外は，今日まで一貫して旧水産講習所及びその後身たる現東京水産大学に在つて三十有余年水産学の発展と学生の教育に専念されておられることは各位のよく御存知の通りであります。

先生の今日までの業績については今更こゝに云々する迄もありませんが，あえて述べますれば大きく見て之を二つの分野に分ける事が出来ると思います。即ち第一は大正から昭和十年前後に亘る主として漁撈方面に於ける漁具及び漁具材料関係の一連の系統的研究並びに漁法との関聯に於ける魚群の生態学的実験研究分野の開拓，第二は昭和十年前後から今日に至る水産資源領域に於ける先生独特の魚群体推定に関する方法論の確立であります。

前者は先生が水産講習所物理学教室に席を置かれた当時寺田寅彦先生等が手を染められていた諸問題を引継がれ，漁具材料の工学的諸性質，網糸の疲労腐朽等に関する理論を発展せしめ，網地の流体抵抗から漁網における比較則を完成し模型実験による網漁具の研究を今日の隆盛に導かれました。之等の功績に対しては昭和十年「水産学方面に於ける物理学の応用」として服部報公賞を授与されました。それらの業績は水産物理学（朝倉・昭和二十四年）の中に納められております。

後者に関してはわが国の主要漁業の対象たる殆んど総ての魚種につき魚群体の推定・漁獲が漁群体に及ぼす影響・魚群体に影響を与える諸要因の解析等水産資源研究に斬新独自の取扱い方法を導入し幾多の業績を積まれましたが，それ等は総て本学会誌上に発表掲載されたところであります。猶これらの外に増殖関係に於ても多くの貴重な仕事をされ，特に同時に温度の異つた幾つ

かの槽を持つ恒温水槽の発明は，水産生物関係方面の研究に欠くことの出来ない武器を与えました。

即ち之を要約すれば先生は物理学を通して水産の科学化を達成された時代の先覚者でありますが，翻つて本学会と先生に就いて述べますれば本学会の誕生は昭和七年四月でありますが，それより先，昭和四年先生を中心に水産講習所及び水産試験場の同志が中核となり水産物理談話会を結成して外国文献の紹介研究の発表と之が批判討論を活潑に行い，本学会への発展の礎石を作られたのであります。機熟して談話会は本学会が創立されると同時に発展的解消を見ました。以来先生は常に学会の一幹事として留まつておられましたが，学会全般の運営は殆んど全部先生を中心に動いて来たと見て宜しいと思います。殊に会誌の内容充実には精根を尽され，会誌の隅々に至る一字一句にまで先生の眼がとどいていたと申しても過言でない程で，先生の御性格を知らない人達には時に誤解を招くような事もないではなかつた程でありました。

終戦後は会長の要職に就かれ戦乱のため中絶していた学会の運営に対し他の諸学会にさきがけて直ちに学会の例会を開かれました。当時絶望に近い精神の空白に悩んでいた会員は一条の光明を見出したようにはせ参じ会場を埋めた光景は未だに忘れることが出来ません。

次いで物資の不足殊に紙類の最も窮屈な時にはやくも学会誌の復刊を断行されました時のわれわれの感激は他学会の驚異羨望の的であつたと思います。これらは全く先生の学会に対する烈々とした熱情によつて始めて可能であつたと思われます。その後毎年会長に推挙され常に格別の情熱を傾け陣頭に立つておられることは誠にわれわれの意を強うする処であります。

此処に全会員を代表して還暦の祝詞を述べ先生の御健康と御自愛とを水産学界並びに本学会のためにお祈りする次第であります。

昭和二十八年七月二十七日　　田内先生還暦記念論文集
刊行実行委員長　右　田　正　男

Morisaburo TAUTI 1892—
IN COMMEMORATION OF HIS 61 st BIRTHDAY

On May 15, 1952, Professor Morisaburô Tauti, D. Sc., of the Tokyo University of Fisheries and President of the Japanese Society of Scientific Fisheries (JSSF), celebrated the sixty-first anniversary of his birthday. On that occasion it was decided by the representatives of JSSF that scientific papers by his colleagues and students were to be published, in a form of Special Number of the JSSF Bulletin as presented here, in commemoration of his out-standing achievement in this field of sciences and his invaluable contributions to the development of the Society.

Dr. Tauti was born in Nagoya in 1892 and graduated with honors from the Department of Pure Physics, Faculty of Science, Imperial University of Tokyo in 1917. Upon his return from military service he was appointed professor of the Imperial Fisheries Institute (now the Tokyo University of Fisheries) in 1920, a position he has held ever since with the exception of the period from 1946 to 1949 when he served as Director of the Imperial Fisheries Experimental Station (now the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory).

Truly a lifetime service devoted to the advancement of research and education:

From the wide range of his works, perhaps the most important are concerned with researches into fishing technology and aquatic resources. Included in the former field are studies on materials and efficiency of fishing gear, more particulary those concerning physical characteristics of netting cords, e.g., exhaustion of cords by impact or repeated load, and theories on decomposition of cords. On the basis of hydrualic resistance of fishing nets he established the law of comparison between experimental models and full-scale nets under operating conditions. In the phase of aquatic resources, he has proposed mathematical methods for estimating the magnitude of commercially important fishes and has dealt with the influences of fishing intensity and environmental conditions upon stocks. With a mind free from preconception, the professor went straight to the heat of each problem. His interpretations were always lucid, his conclusions always sound. Much of his works has been published in the Journal of the Imperial Fisheries Institute or in the Bulletin of JSSF.

It was Dr. Tauti who advocated from his heart the necessity of establishing an authoritative organization for fisheries research to introduce scientific progress both at home and abroad, a society which would also provide its members with the faci-

lities for reporting and discussing scientific results attained by them so as to promote close relations and cooperation between workers interested in similar subjects. In consequence he was nominated one of directors of JSSF when it was founded in 1932, and elected President in 1948, serving in the same capacity up to present time. Throughout these years he has devoted himself to the steady development of the institution.

We, the members of the Society, sincerely wish Dr. Tauti every happiness on his birthday and hope to enjoy the benefit of his contributions to the Society as well as to the related spheres of fisheries science for many a long year.

Masao MIGITA, Chairman.
Memorial Publication Committee for Dr. Tauti's 61 st Birthday of the Japanese Society of Scientific Fisheries
July, 27, 1953.

目 次

CONTENTS

アミラン網絲に対する加熱の影響について

石 井 一 美
(三重県立大学水産学部)

On Physical Changes of Amilan Cords by Heating

Kazumi Isii

We had the experiments on after effect of 250 D 2/6 (Upper twist: 63 and lower twist: 115 for lenght 20 cm), 2/4 (Upper twist: 76, lower twist: 121) and 3/6 (Upper twist: 62, lower twist 113) amilan cords heated up to various temperature.

From this experiments the results obtained are as follows;

(1) Elongation of 250 D 2/6 amilan cord under constant tention increases the temperature-rises for high temperature than 100°C (Fig. 1.1 and Fig. 2.1).

(2) As seen in Fig. 1.2 and Fig. 2.2 inflexional points of elongation of 250 D 2/6 amilan cord due change of tension has been found about 1.5 and 3.5 kg respectively. The relation between of tension and variability of elongation, as shown in Fig. 3, these curves has a minimum of variability at about 2.0 kg.

(3) Tensile strength and elongation of 250 D 2/6, 3/6 and 2/4 amilan cords decrease with the temperature-rises, and variability of tensile strength increases with the temperature, but variability of elongation decreases: the tensile strength of amilan cords fells in proportion as temperature increases, and then the tensile strength of its cords has somewhat unequal, while the deviation of elongation (at break) fades.

250 D 2/6 (長さ 20 cm に対する上撚 63 下撚 115), 2/4 (上撚 76 下撚 121), 3/6 (上撚 62 下撚 113) の3種類のアミラン絲に就いて次の実験を行つた。

実験: アクメ乾燥器内の温度を所定に保つて後，直径・ピッチ及び長さを測定した資料を入れ，1時間後に取出し約2時間大気中に放置した後，再び直径・ピッチ及び長さを測定し，次に自記装置を取付けた張力試験機(試験長 20 cm) にかけて切断した。尚乾燥器の温度調節は何れの場合に於いても ±1°C を越える事はなく，直径ピッチの測定には読取顕微鏡を使用した。実験の結果は第1表～3表の通りであり，表中の数値は夫々 20 本の平均値と分散とである。

250 D 2/6 アミラン絲の張力と伸び: 第 1.1 図,第 2.1 図の各加熱温度に対する張力と伸度との関係からわかるように，同一の加熱温度に対する伸度は張力の増加と共に増し，又同一張力に対する伸度は 80°C までは加熱温度によつて目立つた相違が認められないが，100°C 以上に於いては加熱温度が高い程伸度は大きくなることが認められる。張力と伸度の対数との関係を示す第 1.2 図及び第 2.2 図の曲線から，伸度の変曲点が何れの場合でも 1.5 kg 及び 3.5 kg 附近の二ケ所に表われている。

伸度の変異度の張力に対する関係は第3図より知られるように，大体 U 字型の曲線で表わされ，何れの加熱温度に於いても張力 2 kg 附近で最小値を表わしている。伸長の変異度が最小値を示す張力が第一変曲

1953 年 5 月 7 日受理 (印刷費負担)

* 三重県立大学水産学部業績第 12 号

Table 1 Tension and elongation of 250 D 2/6 Amilan cord heated up to various temperature.

T. \ E.	Temp.	28.5	40	60	80	100	120	140	160 °C
kg 0.5	M.%	4.4	4.5	4.4	4.4	4.4	4.9	5.0	5.0
	σ%	.36	.44	.28	.28	.31	.34	.22	.36
	V%	82	98	64	64	70	69	44	72
1.0	M	6.9	6.9	6.9	6.8	7.0	7.2	7.8	7.6
	σ	.38	.30	.20	.32	.35	.37	.25	.32
	V	55	43	29	47	50	51	32	42
1.5	M	9.3	9.3	9.4	9.2	9.6	10.2	10.8	10.4
	σ	.38	.34	.36	.34	.38	.49	.29	.44
	V	41	37	38	37	40	48	27	42
2.0	M	11.3	11.2	11.5	11.0	11.7	12.6	13.4	13.2
	σ	.44	.34	.32	.36	.36	.55	.36	.40
	V	39	30	28	33	31	44	27	30
2.5	M	13.6	13.6	14.0	13.4	14.0	15.4	16.6	16.8
	σ	.48	.39	.40	.50	.44	.70	.42	.62
	V	35	29	29	37	31	45	25	37
3.0	M	16.3	16.4	16.6	16.0	16.9	18.6	20.1	20.9
	σ	.67	.53	.61	.58	.64	.90	.83	.80
	V	41	32	37	36	38	48	41	38
3.5	M	20.0	20.3	20.5	19.6	20.9	22.6	24.8	—
	σ	.77	.66	1.00	.82	.92	1.22	1.16	—
	V	38	33	49	42	44	54	47	—
4.0	M	25.9	26.7	27.0	25.4	27.6	29.3	30.9	—
	σ	1.62	1.92	2.72	2.06	1.92	2.26	2.40	—
	V	63	72	101	81	70	77	78	—
4.5	M	38.2	39.2	38.9	36.8	41.7	44.2	—	—
	σ	4.08	5.05	5.19	4.54	4.70	4.21	—	—
	V	107	129	133	123	113	95	—	—

M : Mean value, σ ; Standard deviation, $V = \frac{\sigma}{M} \times 1,000$

Table 2 Diameter, pitch and length of 250 D 2/6 Amilan cord heated up to various temperature.

Temp.	Diameter				Pitch				Length			
	D	σ	V	$D/D_{28.5}$	P	σ	V	$P/P_{28.5}$	L	σ	V	$L/L_{28.5}$
°C	mm	mm	‰	%	mm	mm	‰	%	cm	cm	‰	%
28.5	0.75	.037	50	100	3.05	.088	29	100	30.00	.030	1.0	100
40	.75	.025	34	100	3.03	.078	26	99	29.95	.050	1.7	100
60	.75	.038	50	100	3.01	.064	21	99	29.68	.062	2.1	99
80	.76	.043	57	101	3.01	.092	31	99	29.88	.036	1.2	100
100	.75	.031	42	100	3.00	.088	29	98	29.36	.088	3.0	98
120	.74	.030	40	99	3.01	.060	20	99	29.35	.055	1.9	98
140	.75	.032	42	100	2.90	.087	30	95	28.58	.075	2.6	95
160	.76	.036	47	101	2.93	.080	27	96	28.21	.089	3.2	94

Table 3 Tensile strength and elongation at break of 250 D 2/6, 3/6 and 2/4 Amilan cord heated up to various temperature.

	Temp.	28.5	40	60	80	100	120	140	160°C
2/6	T kg	4.72	4.64	4.62	4.71	4.57	4.58	3.93	3.17
	σ	.169	.149	.239	.202	.193	.126	.189	.195
	V ‰	36	32	52	43	42	28	48	62
	$T/T_{28.5}$ %	100	98	98	100	97	97	83	67
	E %	49.4	48.8	49.2	47.5	49.0	50.4	32.6	23.1
	σ	4.98	4.25	5.05	5.26	5.90	4.58	2.41	1.34
	V ‰	101	87	103	110	120	91	74	58
	$E/E_{28.5}$ %	100	99	100	96	99	102	66	47
3/6	T kg	4.26	4.17	4.01	4.21	4.07	4.19	3.79	2.50
	σ	.162	.207	.181	.122	.216	.211	.200	.168
	V ‰	38	47	45	29	53	50	53	67
	$T/T_{28.5}$ %	100	98	94	99	96	98	89	59
	E %	44.3	43.4	45.1	40.5	45.0	42.1	31.8	16.8
	σ	3.44	3.00	4.37	3.35	3.82	3.38	1.82	1.20
	V ‰	77	69	97	83	85	80	57	71
	$E/E_{28.5}$ %	100	98	101	91	101	94	72	38
2/4	T kg	3.12	3.05	3.09	3.11	2.95	3.06	2.79	2.33
	σ	.146	.118	.183	.124	.176	.153	.144	.168
	V ‰	47	39	59	40	60	50	51	77
	$T/T_{28.5}$ %	100	98	99	100	95	98	90	75
	E %	56.7	52.2	51.2	55.2	45.5	51.8	37.4	24.9
	σ	.74	.69	1.12	.78	.97	.70	6.05	2.87
	V ‰	13	13	22	14	21	14	161	115
	$E/E_{28.5}$ %	100	92	90	97	81	92	66	44

T ; mean value of tensile strength E ; mean value of elongation at break

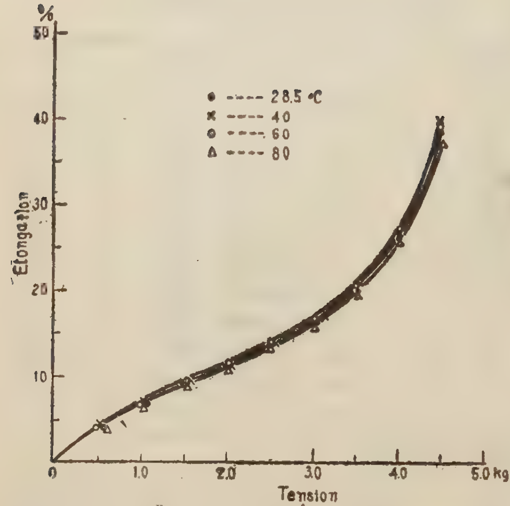


Fig. 1.1 Relation between tension and elongation of 250 D 2/6 Amilan cord heated up to to various temperature.

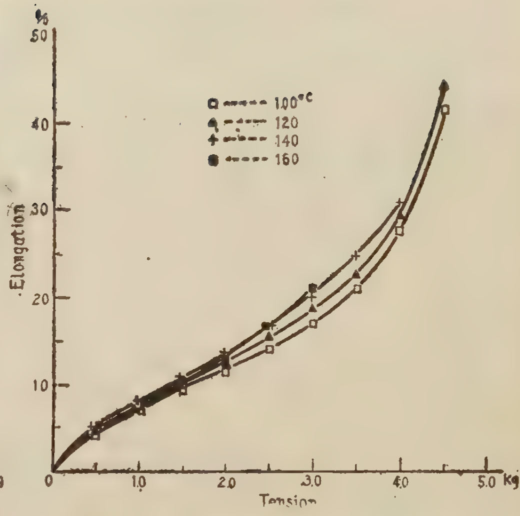


Fig. 2.1 Reation between tension and elongation of 250 D 2/6 Amilan cord heated up to various temperature.

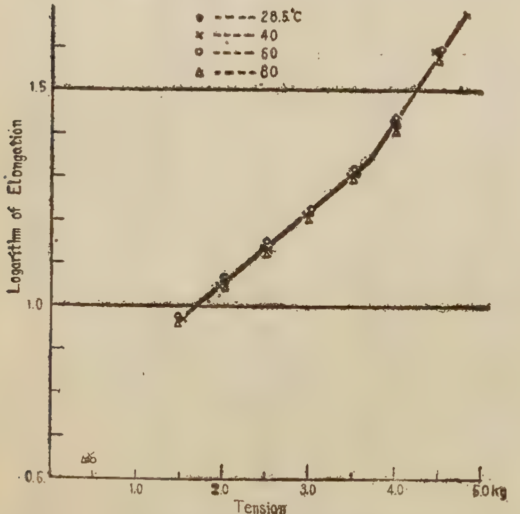


Fig. 1.2 Relation between tension and logarithm of elongation of 250 D 2/6 Amilan cord heated up to various temperature.

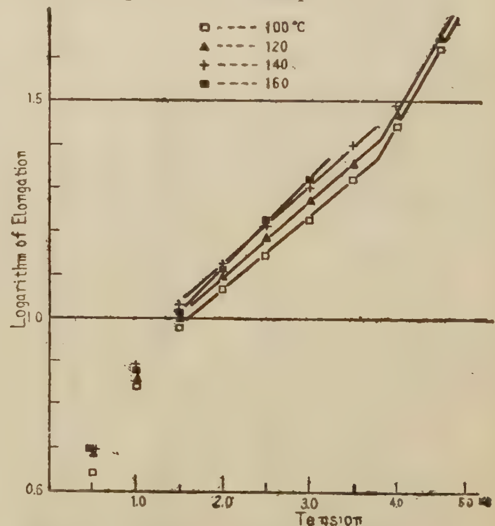


Fig. 2.2 Relation between tension and logarithm of elongation of 250 D 2/6 Amilan cord heated up to various temperature.

点と略一致している事は，250 D 2/6 アミラン絲に対する伸びの機構を解くに当つて重要な意味をもつものと思われる。

250 D 2/6 アミラン絲の直径・ピッチ及び長さ：加熱による直径の変化は殆んど認められないが，ピッチ及び長さは加熱 120°C までは極めて僅かに 140°C 以上で稍々急に減少し，160°C に於いてピッチは約 4 %長さは約 6 %の減少を示している（第2表）。

250 D 2/6, 3/6, 2/4 アミラン絲の切断張力及切断伸度：切断張力並に切断伸度は第4図及び第5図に示

す如く，共に加熱 120°C まではあまり変化しないが，これ以上の加熱に於いては急に減少している。第3表から切断張力の変異度は，加熱温度が高い程僅かながら増加の傾向を示し，切断伸度の変異度は 250 D 2/4 の 140°C 及び 160°C の場合を除いては大体加熱温度が高くなると共に幾分減少している。即ち加熱温度が高い程アミラン絲は弱くなり，それと共に張力は僅かながら不揃さを増すが，伸度は幾分揃つてくる。尚実験中絲の表面の色彩を観察した結果によれば，どの絲についても加熱 100°C までは殆んど変色せず，120°C で薄黄色を帯び 140°C で薄茶色，160°C で茶褐色となることが認められた。

本研究は文部省科学研究費の一部によるもので，御指導を賜つた田内森三郎博士に深甚の謝意を表すると共に実験を御援助下さつた小泉孝，錦武司両君に感謝する。

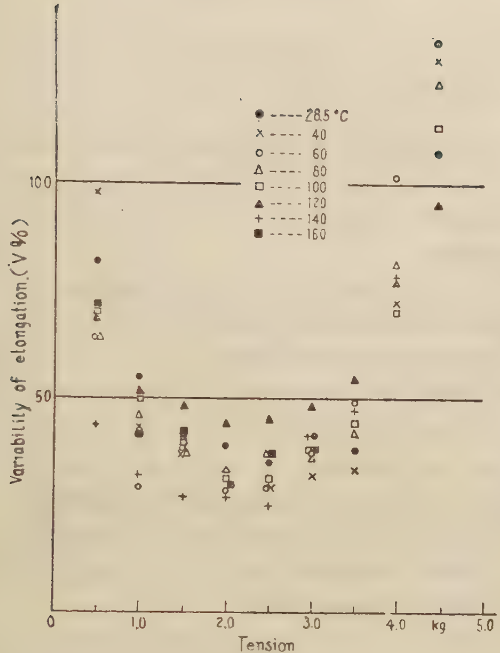


Fig. 3 Variability of elongation related tension on 250 D 2/6 Amilan cord heated up to various temperature.

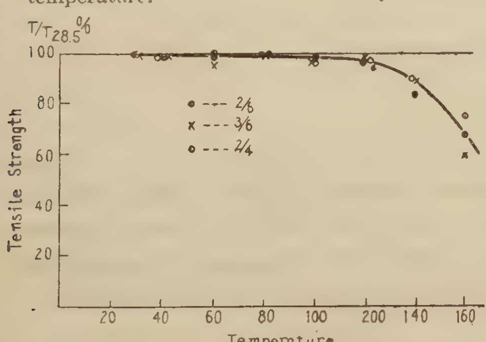


Fig. 4 Tensile strength of 250 D 2/6, 3/6 and 2/4 Amilan cord heated up to various temperature.

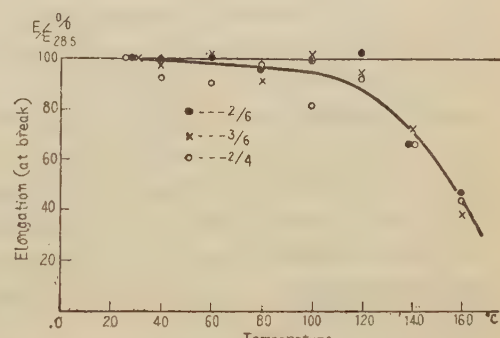


Fig. 5 Elongation (at break) of 250 D 2/6, 3/6 and 2/4 Amilan cord heated up to various temperature.

網糸の研究—V.
糸の機械的性質に就いて (3)*

増崎謙二・深沢文雄
(下関水産講習所)

Study on the Netting Cords—V.
On the Mechanical Properties of Twine (3)

Kenji MASUZAKI and Fumio FUKAZAWA

In the previous papers, we reported about the relation between ε_D and ε_S or P and ε_S. Applying these relations for strand, we obtained the following formula regarding to the outside diameter of twine,

$$D=D_0(1-\varepsilon_D)-2/\sqrt{3}\cdot K'D_0^{-1/3}E^{-2/3}(P\cdot\sin\theta/\sqrt{3}R)^{2/3}$$

where ε_D: diametral contraction of strand per unit diameter.

D_0: outside diameter of strand.

D: outside diameter of twine.

P: tension induced in strand.

R: spiral radius of strand axis.

θ: inclination of strand axis.

K': approaching modulus of strand axis by compression.

E: Young's modulus of fiber.

and the following formula regarding to the tension of twine.

$$P=3P\cdot\sin\theta$$

To calculate above formulas, at first we expressed ε_S as the function of ε and θ [$=\tan^{-1} b(1+\varepsilon)/2\pi R_0$], on the assumption that $R=R_0=$const., and by the methods of previous papers, obtained the approximate values ε_D and P, where ε_S and ε are elongations of strand and twine per unit length, b is spiral pitch of strand, and zero sufix shows the each value at no load.

Hence, calculating the first formula about diameter with the above ε_D, P, θ, and R_0, we admitted that the above formula was applied. And also in the case of calculating tension P (the second formula), the values of P and θ are to be calculated using the variable spiral radius R which is induced from the above D and D.

緒言

本稿に於いては塩化ビニリデン（サラン）の長繊維で作られたトワイン，750d×9×3，750d×12×3，750d×15×3，750d×18×3，750d×21×3，750d×24×3，に就いて第2報，第4報で導き出したストラン

1953 年5月6日受理（印刷費負担）

* 農林省水産講習所研究業績第 91 号

ドの性質を利用して，放置荷重を加えた場合のトワインの力学的な諸性質をしらべて見た。即ち荷重を加えた場合のトワインの伸びはストランドの伸びとストランドの描く螺線の伸びに依つて生ずるものと考え，トワインの伸びよりストランドの伸びを計算しストランドに生じている張力 P を推定して此の張力のトワイン軸方向の分力を加え合せたものがトワインの張力になるとして，此の計算に依る張力 F と実際の放置荷重 W を比較検討し，又一方荷重に依るトワインの外径の変化はストランドに生じた張力に依るストランドの外径の縮少をストランド相互の圧縮に依るストランドの変形に依つて生ずるものとして外径の変化の機構もしらべて見た。

1. 放置荷重に依るトワインの外径縮少の機構

トワインに放置荷重を加えて引張させる場合その外径はストランドに生じた張力 P に依るストランドの外径の縮少と，ストランド相互の圧縮力 P' に依るストランドの変形に依つて縮少する。今トワインの無荷重の時の外径を D_0，単位径当りのストランド外径の縮少率を ε_D，圧縮力 P' に依るストランド軸の近寄りの量を ξ とすると，トワインの外径 D は次の式で表わされる。

$$D=D_0(1-\varepsilon_D)-2\xi/\sqrt{3}$$

今ストランドを断面円形の弾性体と見做して，第2報の繊維と繊維の圧縮を論じた場合と同様に Hertz の接触論的な考え方（第2報参照）で近寄りの量を計算すると，$\xi=KP'^{2/3}$，但し K は材料のヤング率 E，外径 D_0 及びポアソン比に依つて変る常数である。ストランドの外径 D_0 の影響を考慮すると

$$\xi=K'D_0^{-1/3}E^{-2/3}P'^{2/3}\quad 但し\ K'\ は近寄りの常数.$$

更にトワインの描く螺線の半径を R，トワイン軸のストランド軸に垂直な平面となす角を θ とすると，$P'=P\sin\theta/\sqrt{3}R$ であるから

$$\xi=K'D_0^{-1/3}E^{-2/3}(P\sin\theta/\sqrt{3}R)^{2/3}$$

故にトワインの外径 D は次の関係で表わされる。

$$D=D_0(1-\varepsilon_D)-\frac{2}{\sqrt{3}}K'D_0^{-1/3}E^{-2/3}(P\sin\theta/\sqrt{3}R)^{2/3}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

但しトワインのピッチを b，トワインの単位長さ当りの伸びを ε としたとき $\theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R$ である。

2. K' に就いて

繊維のヤング率を求めた時（第1報）と同様に繊維一本当りの荷重が 50 gr. になるように初荷重をかけたトワインの約 30 cm の間隔に印した二点間の距離を精度 1/50 mm のカセトメーターに依つて各時間毎に測定し，その単位長さ当りの伸び ε（Fig. 1）よりストランドの単位長さ当りの伸び ε_S を求める為，長さ L のトワインに就いて二次の微小量を省略して考えると

$$\varepsilon_S=\frac{L+\Delta L/\sin(\theta+\Delta\theta)-L/\sin\theta}{L/\sin\theta}=\frac{\varepsilon\sin^2\theta}{1+\varepsilon\cos^2\theta}\cdots\cdots(2)$$

となる。今近似的に R の値として無荷重の時の螺線の半径 $R_0=D_0/\sqrt{3}$ を用ふれば $\theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_0$ となり ε_S は近似的に求められる。此の ε_S より第2報，第4報で行つた方法に依りストランドに生じている張力 P，ストランドの外径の縮少率 ε_D は各時間毎に求められる。Fig. 2，（実線で示したもの）Fig. 3. 此の P，ε_D は螺線の半径の縮小を省略して計算したものであるから勿論実際の P，ε_D よりも幾分小さい値を示しているが（1）の外径の式を計算する時は此の近似値 P，並びに ε_D を用い，実験に依る外

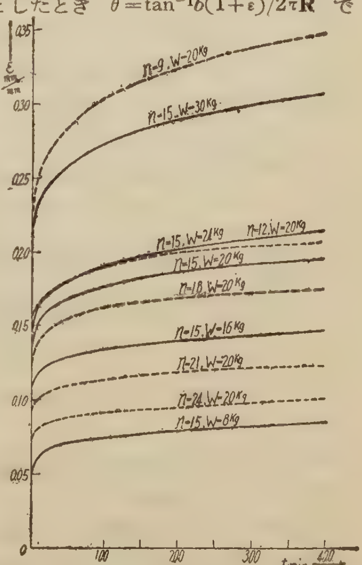


Fig. 1 Relation between ε and t for each species.

径の測定値と照し合わせてその補正を K' で行つて見た。即ち (1) 式に以上の仮定を用いて

$$K'=\frac{D_0(1-\varepsilon_D)-D}{2\sqrt{3}\,D_0^{-1/3}E^{-2/3}(P\sin\theta/\sqrt{3}\,R_0)^{2/3}}\quad \text{但し}\ \theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_0$$

此所で D は実測値で実測に依る外径の縮小率を ε_D とすれば $\varepsilon_D=D_0-D/D_0$ であるから

$$K'=\frac{(1+1/\sqrt{3})D_0(\varepsilon_D-\varepsilon_D)}{2\sqrt{3}\,D_0^{-1/3}E^{-2/3}(P\sin\theta/D_0)^{2/3}}\ \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

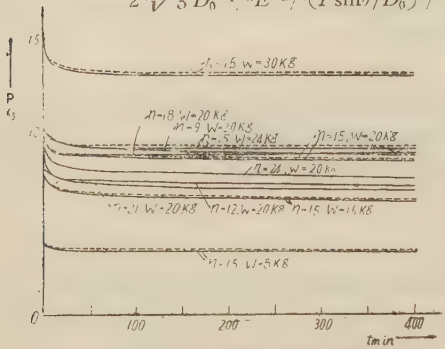


Fig. 2 Tension induced in strand for each species. Full lines show the value calculated on the assumption that R is const. and dotted lines show the value calculated as R is variable, for $n=15$.

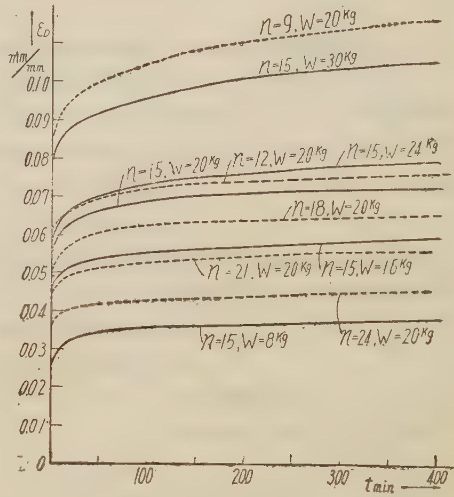


Fig. 3 Approximate value of ε_D calculated on the assumption that spiral radius of strand is constant.

(3) を計算した結果 Fig. 4, に示すような K' の値の変化を得た。勿論 K' はストランドの種類，荷重の如何に拘わらず一定値であるべきだがストランドをつくつている繊維の数 n の大きいもの或いは繊維一本当りの荷重が小さいものではとくに時間が小さい所で小さな値が出ており或程度時間が経過した後一定値となつている。之はストランドに就いて論じた（第2報，第4報）繊維相互の遊びの影響がきいてきたものと思われ，此の遊びがなくなつて始めて K' が一定値になるものと思われる。故に繊維相互の間に遊びがないと仮定して行つて来た本稿に於いては K' として一定値になつたあとの数値の平均値を用い，$K'=0.347$ とした。

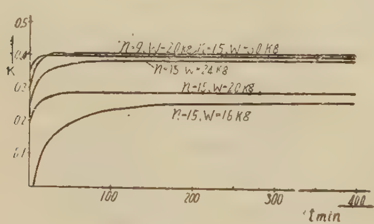


Fig. 4 Variation of approaching modulus for strand.

此の K' はストランドの場合に用いた繊維と繊維の間の近寄りの係数 K' に直径の影響を考慮した値と比較して小さい値になつている。即ちストランド相互の圧縮に依つてストランドの中の繊維の配列が崩れるような事がない事を示しているものと思われる。尚 R_0 のの代りに R を用うれば更に実際に近い近寄りの係数が得られる訳であるが（3）の式より此の場合の K' 値は更に幾分少さい値になる事がわかる。

3. D_{th} 及び R_{th} の計算

此の K', Fig. 2 の実線で示す近似値 P, 並びに Fig. 3 に示す近似値 ε_D を用いて（1）の式に依つてトワイン外径の理論値 D_{th} は計算出来る。即ち K' には R として R_0 を用いた影響がふくまれているから θ として $\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_0$, R として R_0 を P, ε_D として以上の近似値を用いて (1) の式を書き換えると

$$D_{th}=(1+1/\sqrt{3})D_0(1-\varepsilon_D)-\frac{2}{\sqrt{3}}K'D_0^{-1/3}E^{-2/3}(P\sin\theta/D_0)^{2/3}$$

$$\therefore\quad D_{th}=2.155D_0(1-\varepsilon_D)-0.401\sin^{2/3}\theta\cdot P^{2/3}\cdot E^{-2/3}/D_0$$

但し $\theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_0$

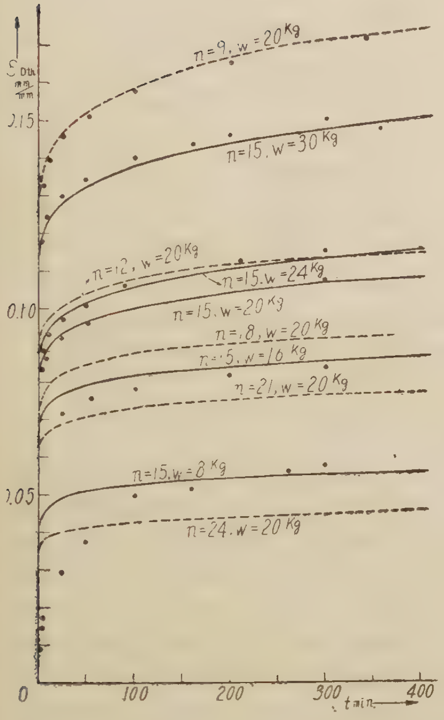


Fig. 5 Contraction of outside diameter for twine. Full lines and dotted lines show calculated value, and mark shows observed value.

此の D_{th} より計算した外径の縮小率 $\varepsilon_{D_{th}}=D_0-D_{th}/D$ を Fig. 5 に示す。実測値より計算した ε_D は図が煩雑になるので $n=15$ の各荷重のもののみについてプロットしている。此の場合も第4報のストランドの場合と同様に繊維と繊維の間の遊びの影響があらわれてくる為荷重の少いもの或は n の多いもので特に時間の短い所で $\varepsilon_{D_{th}}$ が ε_D より大きく出ており，遊びがなくなるにつれて次第に理論曲線の上に乗つてくるものと思われる。

此の様な D_{th} よりストランドの描く螺線半径の理論値 R_{th} を計算すると $R_{th}=1/2(D_{th}-D)$ であるから

$$R_{th}=0.577D_0(1-\varepsilon_D)-0.200\cdot\sin^{2/3}\theta\cdot P^{2/3}\cdot E^{-2/3}/D_0$$

但し $\theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_0$

となり此の計算値を Fig. 6 に示す。此のようにして R_{th} が求まると $\theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_{th}$ としてストランドの傾斜角は更に正確に求まるから，此の式を (2) に代入して ε_S を再び計算すると此の ε_S より第2報，第4報の方法に依つて更に正確な P の値が得られ $R=R_0$ として計算した場合より幾分大きな値を得る。(Fig. 2 点線で示したもの) 勿論同様に ε_D の値も幾分大きく出て来なければならないが，トワインの外径を計算する場合の ε_D の誤差の影響は前に述べたように K' の中に含まれているから D_{th} を計算する場合には最初の近似値 P 並びに ε_D を用いて差支えない。

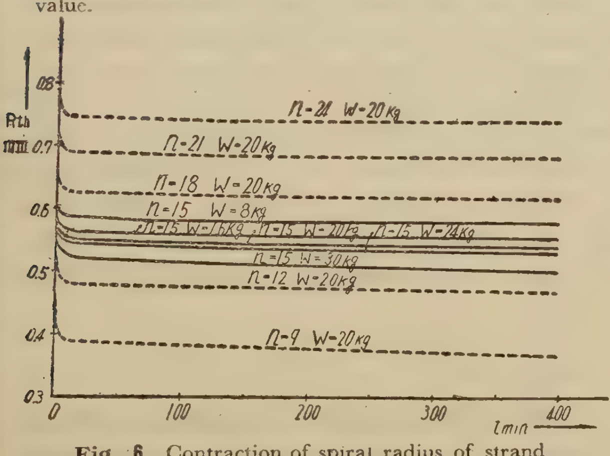


Fig. 6 Contraction of spiral radius of strand for each species.

4. トワインの張力 P の計算

以上の方法に依つてストランドに生ずる張力 P がわかり又ストランド軸の傾斜角 θ がわかると，ストランドを三子撚り合せたトワインの任意の状態における張力は次の式に依つて計算される。

$$P=3P\sin\theta$$

但し $\theta=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_{th}$

此の計算結果を Table 1, Table 2, に示す。第4報の場合と同様に時間が短い間とくに繊維一本当りの荷重の少さいものでは張力 P が実際の放置荷重 W より大きくあらわれている。之は繊維相互の間の遊びの影響が張力の形できいて

Table 1. Calculated value P (kg.) for the species, n=15 at each time under the various dead weight.

t min.	n=15 W=30 kg.	t min.	n=15 W=24 kg.	t min.	n=15 W=20 kg.	t min.	n=15 W=16 kg.	t min.	n=15 W=8 kg.
3.0	36.69	1.0	25.04	2.0	23.61	1.0	18.61	1.0	9.15
5.0	35.96	5.0	25.04	6.0	22.92	5.0	17.95	6.0	8.94
10.0	35.67	10.0	24.33	10.0	22.59	10.0	17.18	13.0	8.85
25.0	34.86	25.0	23.74	22.0	22.41	25.0	17.14	25.0	8.64
50.0	34.29	50.0	23.82	50.0	21.86	55.0	16.42	50.0	8.63
100.0	34.23	90.0	23.96	107.0	21.64	100.0	16.32	100.0	8.54
200.0	34.14	210.0	23.91	144.0	21.59	200.0	15.36	260.0	8.43
300.0	34.17	305.0	23.58	300.0	21.59	300.0	15.69	300.0	8.25
415,0	34.22	400.0	24.72	400.0	21.63	460.0	16.01	370.0	8.22

Table 2. Calculated value P (kg.) for each species at each time, under the constant dead weight.

t min.	n=9 W=20 kg.	t min,	n=12 W=20 kg.	t min.	n=15 W=20 kg.	t min.	n=18 W=20 kg.	t min.	n=21 W=20 kg.	t min.	n=24 W=20 kg.
1.0	24.85	1.0	22.70	2.0	23.61	2.0	24.25	2.5	21.09	2.0	22.94
6.0	23.41	5.0	20.96	6.0	22.92	5.0	23.59	6.0	20.95	6.0	21.98
10.0	23.25	11.0	20.18	10.0	22.59	14.0	23.76	10.0	20.46	10.0	22.04
25.0	23.14	25.0	19.65	22.0	22.41	26.0	22.83	25.0	19.98	30.0	21.25
53.0	23.13	51.0	19.85	50.0	21.86	50.0	22.65	50.0	19.50	50.0	20.58
100.0	23.11	100.0	19.48	107.0	21.64	100.0	22.64	100.0	19.24	100.0	20.56
200.0	22.81	205.0	19.22	144.0	21.58	200.0	21.73	217.0	18.63	200.0	20.28
260.0	22.76	320.0	18.92	300.0	21.59	274.0	21.55	305.0	18.52	310.0	19.52
343.0	23.01	402.0	18.62	400.0	21.63	404.0	21.32	400.0	18.63	410.0	19.40

きている為と思われる。尚 $n=15$, $W=30$ kg. の場合は全体に P が W に比べて大きく出ているが之は繊維にかかる張力が繊維の Stress, Strain の関係（第一報參照）を直線と見做し得る限界を越えている為と思われる。$n=9$, $W=20$ kg. の場合も幾分此の傾向があるように思われる。Fig 7 に P の大体の傾向を示し遊びがなくなると思われる限界を鎖線で示す。更に此の様にして計算された張力 P と ε の関係を $n=15$ の場合に就いて各時間毎にプロットして見ると，(Fig. 8) ストランドの場合（第4報 Fig. 8）と同様に時間が経過するにつれて $P-\varepsilon$ 曲線は直線に近くなり，トワインの性質は次第に繊維の性質に似かよつてくる事がわかる。

結　　論

K' を求める際に $P=P_0$ として求めた θ, ε_D 或は P を用いているが K' の値は繊維相互の間に遊びがなくなると思われる限界以後では略ゝ一定値を示しているから K' を求める際の P, ${}_D$ 或は θ の誤差の影響は僅かであり，此の K' を用いた L_{th} 或は R_{th} の値も十分正確であると思われる。更に R_0 の代

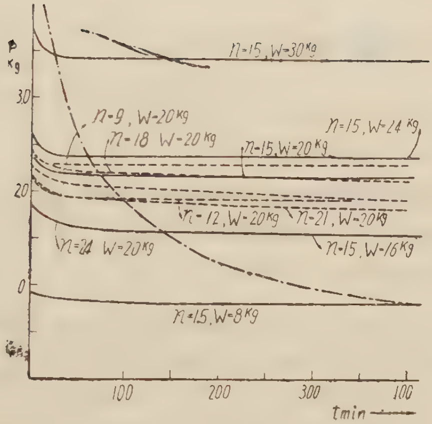


Fig. 7 Tendency of calculated value P. Chain line shows the limit which spaces remain between the fibers constructing twine, for the species $n=15$.

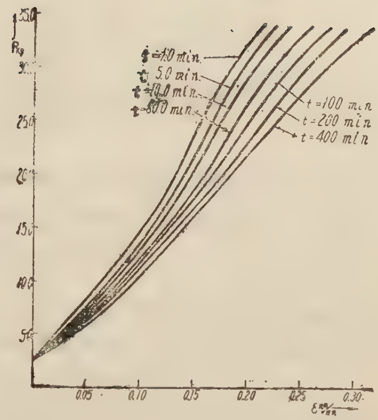


Fig. 8 Relation between P and ε, for the species $n=15$.

りに R_{th} を用いて同様の計算を繰り返し $\iota=\tan^{-1}b(1+\varepsilon)/2\pi R_{th}$ を (2) の式に代入して求めた ε_S より P, ε_D を計算し之等を (3) の式に代入して K' を求め，此の K' を用いて L'_{th}, K_{th} を計算し，更に此の R_{th} を用いて P, θ を求めて P を計算すると ε_D 或は P として更に正確な値が得られるが，比較的試料差の多い撚り糸の計算では本稿の程度で十分である。

文　献

1) 石　橋　正：“撚線ばねに就いて”，(未刊)

2) 田内森三郎：“水産物理学”，東京，(1949).

3) Timosenko, S.: “Strength of Material part II”, 556～559

4) Timosenko, S. 井坂富士雄・江崎悌市・森徹共訳：“弾圧体の力学”，東京，292～304 (1945).

5) Prescott, J.: “Applied Elasticity”, London, 630～640 (1924).

6) 深沢文雄・増崎謙二：“網糸の研究－I 繊維に就いて (1)”，日水学，18，(10) 30，(1953).

7) 増崎謙二・深沢文雄：“網糸の研究－II 糸の機械的性質に就いて(1)”，日水学会函館大会発表(1952).

8) 増崎謙二・深沢文雄：“網糸の研究－IV 糸の機械的性質に就いて (2)”，水講研報. 3 (印刷中)

指向光源による水中視度について

佐々木忠義・渡辺 精一・大柴五八郎・田中久一郎・岡見 登
(科 学 研 究 所)

On the Submarine Visibility by Sealed-beam Headlight Bulb

Tadayoshi SASAKI, Seiichi WATANABE, Gohachiio ŌSHIPA
Kyūichirō TANAKA and Noboru OKAMI

The brightness of an object in a parallel beam with the intensity of light of I_0 seen from the position of the light source, can be represented by the following equation :

$$H=\frac{1}{\pi}\cdot RI_0\cdot e^{-2\sigma\gamma}+\frac{\alpha I_0}{2\sigma}(1-e^{-2\sigma\gamma}), \tag{1}$$

where, R : index of reflection of the object,

σ : coefficient of absorption in water,

α : coefficient of scattering per unit solid angle by unit volume of water against the direction of the incident light,

γ : distance from the light source to the object.

In the above equation, the first term is the brightness shown by the object itself, while the second is the contribution to the brightness by the water existing between the object and the position of the eyes.

In Eq. (1) when $\gamma=\infty$, the brightness shown by the water itself where there exists no object will be obtained. Then, Should it be put as H_∞,

$$H_\infty=\frac{\alpha I_0}{2\gamma}. \tag{2}$$

Consequently,

$$\log(H-H_\infty)=\log\left(\frac{RI_0}{\pi}-H_\infty\right)-2\sigma\gamma.$$

Therefore, it is learned that log $(H-H_\infty)$ and γ are in an linearity. The coefficient of absorption σ can be obtained out of this by measuring H_∞ and the brightness of the object in each distance.

Generally speaking, that an object becomes unrecognisable means the contrast between the object and the surrounding brightness becomes below η, or the threshold of the eyes. Therefore, the underwater visibility in a parallel beam is determined out of the following relationship ;

$$\frac{H-H_\infty}{H_\infty}=\eta. \tag{3}$$

$$\left(\text{However, } H\gtrsim H_\infty,\ \text{namely, } \eta\gtrsim 0 \text{ against } R\gtrsim\frac{\pi\alpha}{2\sigma}\right)^*$$

Visibility v, when an object in a parallel beam is seen at the position of light source, can be obtained from Eqs. (1), (2) and (3), as follows ;

1953 年 5 月 3 日受理(印刷費負担)

* When $R=\frac{\pi\alpha}{2\gamma}$, $H=H_\infty$ regardless of γ.

$$v=\frac{1}{2\sigma}\log\left\{\left(\frac{2\sigma}{\alpha\cdot\pi}\cdot R-1\right)\cdot\frac{1}{\eta}\right\}. \qquad (4)$$

Therefore, as for a black object that does not perfectly reflect light, putting $R=0$,

$$v_0=\frac{1}{2\sigma}\log\frac{1}{\eta}. \qquad (5)$$

From Eqs. (4) and (5), the following equation will be obtained as a relative equation between the visibilities of an object of $R=0$ and an object having an index of reflection R.

$$v-v_0=\frac{1}{2\sigma}\log\left(\frac{2\sigma}{\alpha\pi}\cdot R-1\right). \qquad (6)$$

In other words, it is seen that the visibilities of a black object is affected by coefficient of absorption alone, in the optical nature of water, and is in an inverse proportion. And, as for an object the index of reflection which is not zero, it is affected by a factor σ/α. Therefore, even in water with the same coefficient of absorption, the visibility becomes smaller as the coefficient of scatterieg α becomes larger. Also, by Eq. (6), when σ is known, out of the measurement of visibilities of an object having a fixed index of reflection and a black object, coefficient of scattering α will be obtainable, as is known.

Here, the present authors are desirous to report the coefficients of absorption and scattering that calculated from the results of measurements of the brightness and visibility of the object in a parallel beam. Also, results obtained by measuring the horizontal visibility in sea-water in the bathysphere will be explained.

1. 緒　言

潜水して海中を見る場合には，その深度によつては太陽光線を利用出来ず人工光源（指向光源）によらねばならない事が多い。この場合，指向光源による水中の視度が問題になる。そこで水中において指向光束中に照らされている物体の水中視度に就て簡単な基礎的考察を行い，かゝる場合の視程が如何に水の光学的な諸性質，即ち吸収，散乱係数に関係するかを示し，且その結果を用いて水泳プールにおける水中視程の測定から之等の光学的係数を求めた。又これに関聯して水中の指向光束による散乱につき測定を行つた。倘潜水探測機中より海中における水平視程を実測した。この報告ではその研究の結果について述べる。

2. 指向光束中にある水中の物体の輝度

光度 I_0 なる指向光源の光束中に在る物体を光源の位置において見た場合の輝度は次式で表わされることは容易に導かれる。

$$H=\frac{1}{\pi}\cdot RI_0\cdot e^{-2\sigma r}+\frac{\alpha I_0}{2\sigma}(1-e^{-2\sigma r}) \qquad (1)$$

R：物体の反射率

σ：水の吸収係数

α：単位体積の水により光源方向への単位立体角に散乱を示す係数

r：光源より物体までの距離

上式において第1項は物体自体の示す輝度であり，第2項は眼の位置と物体との間に存在する水による輝度への寄与である。

(1)式で $r=\infty$ とおけば物体が存在しない場合に水自体が示す輝度が得られる。これを H_∞ とする。即ち

$$H_\infty=\frac{\alpha I_0}{2\sigma} \qquad (2)$$

従つて $$\log(H-H_\infty)=\log\left(\frac{RI_0}{\pi}-H_\infty\right)-2\sigma\gamma$$

故に $\log(H-H_\infty)$ と γ とは直線関係にあることが知られる。これから H_∞ 及び各距離における物体の輝度を測定して吸収係数 σ を求めることができる。

3. 指向光束中の水中物体の視程

物体が認められなくなるのは，その物体と周囲の明るさの Contrast が眼の threshold η 以下になる時である。従つて指向光束中の物体の水中視程は次の関係から決定される。

$$\frac{H-H_\infty}{H_\infty}=\eta \qquad (3)$$

(但し $H\gtrless H_\infty$ 即ち $R\gtrless\frac{\pi\alpha}{2\sigma}$ に対し $\eta\gtrless 0$)*

気象学においては η は普通 0.01～0.02 と取られているが，海洋における場合には視る条件が陸上と異なり一般に悪いのであつて，例えば RAMANATHAN[1] は透明度板を見る時について 5 %より小さい Contrast を認め得るかは疑しいと云つている。

(1)，(2)，(3) より指向光束中の物体を光源の位置にて見る場合の視程 v は次の様に得られる。

$$v=\frac{1}{2\sigma}\cdot\log\left\{\left(\frac{2\sigma}{\alpha\cdot\pi}\cdot R-1\right)\cdot\frac{1}{\eta}\right\} \qquad (4)$$

従つて完全に光を反射しない黒い物体については $R=0$ とおいて

$$v_0=\frac{1}{2\sigma}\cdot\log\frac{1}{\eta} \qquad (5)$$

(4)，(5) により $R=0$ の物体と，反射率 R なる物体の視程の間の関係式として次式が得られる。

$$v-v_0=\frac{1}{2\sigma}\cdot\log\left(\frac{2\sigma}{\alpha\pi}\cdot R-1\right) \qquad (6)$$

即ち黒い物体の視程は水の光学的性質の中で吸収係数のみに関係し且それに逆比例する事がわかる。而して反射率が零ならざる物体については σ/α なる因子に関係している。従つて同一の吸収係数をもつた水中でも，その散乱係数 α が大なる程視程は小となる。又 (6) 式により，σ が知られているならば定つた反射率をもつ物体と黒い物体の視程の測定から後方散乱係数 α を求め得ることが知られる。[2]

4. 指向光束中の白及黒板の輝度と視程の実測

夜間水泳プールにおいて白又は黒ペンキを塗つた板を指向光束中に光束に直角に置き，これを光源の位置で見て板までの距離を変えた場合の板の輝度の変化を測定し同時にその視程をも測定した。又これらの結果に対して上の考察が近似的に適用されるものと考えて吸収係数及後方散乱係数を求めた。測定は昭和 26 年 7 月 6 日及び 30 日の夜間に行つた。6 日の場合はプールの水は水の入換後 5 日位であり 30 日の場合は一日後である。

i) 光源

使用した光源は 8 V, 6.2 A の白熱電球で抛物線面鏡と長さ 30 cm の円筒の組合せにより大体平行な光束を得た。尚光束の直径は 20 cm である。第 1 図において S, P は夫々光源及光度計，又 D は視標板で水面下

---

*$R=\frac{\pi\alpha}{2\sigma}$ なる時 γ の如何にかかわらず，$H=H_\infty$ となる。

1) K. R. RMANATHAN; *Phys. Rev.*, **24** (1952), 386.

2) (2) 式により H_∞, I_0 の絶対値の測定から α/σ が求められるが此の方法で α/σ を定める事は一般に困難である。

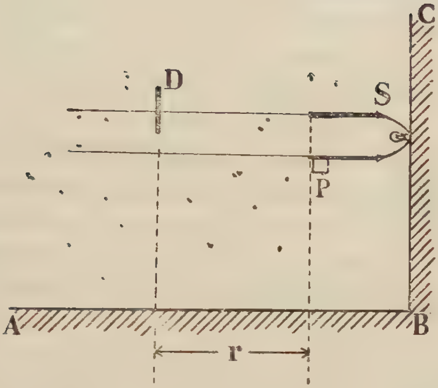


Fig. 1

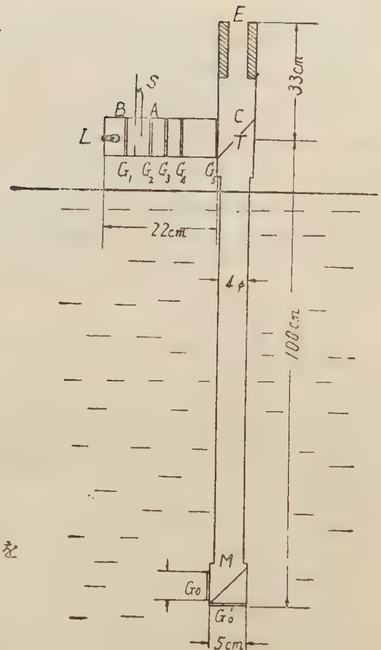


Fig. 2 Photometer

50 cm においた。

プールの深さは約 3m である。尚 AB, BC はプールの側壁を示す。

ii) 光度計

宇野，吉田両氏が霧の散乱光の測定[3] に使用されたものを水中において使用し得るように改良した。第2図において L は 6V, 4.2A トーキー用 エキサイターランプで $G_1 \cdots G_5$ は磨硝子，G_0, G'_0 は透明なガラス板である。M は鏡で軸に対し45° を為し G_0 を通して前方を見ることができる。又 M は之に取付けた紐を操作して G'_0 を通して下方をも見得るようになつている。今の実験においては G'_0 は用いなかつた。A, B はスリットを構成し B は固定され A の移動によつて L の光量を加減でき，その動きは目盛 S でよむ。C は軸に 45° を為し上面は白紙を貼つてある。又 T は C の中央にあけた直径 1cm の円孔であつて，E に眼をおけば T を通し水中の物体を見得ると共に T 部の明るさと C 上の明るさを一致するように絞りを動かして水中物体の輝度が測定できる。絞りの目盛 S と円孔 T の輝度との関係は別に求めておく。

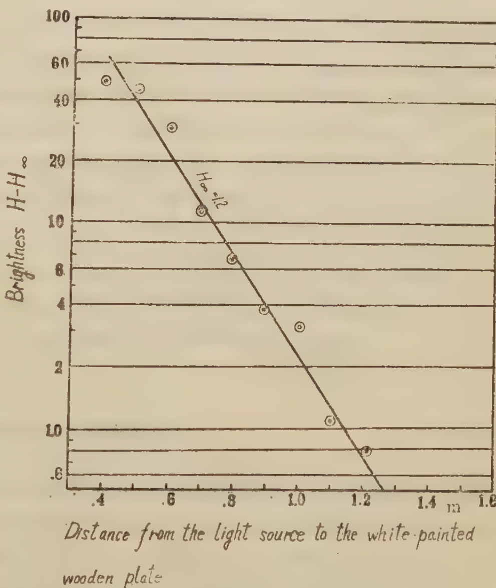


Fig. 3-I The brightness of the white painted wooden plate. (July 6th 1951) $\sigma=2.8\ m^{-1}$

iii) 白色板の輝度

光束中に白ペンキを塗つた板をおいた場合光源から板までの距離と其の輝度との関係を測定した結果は第3-I図のようであつた。結果は 2. で述べたように直線で示されるので (1) 式から吸収係

3) 低温科学，第2輯，p. 129.

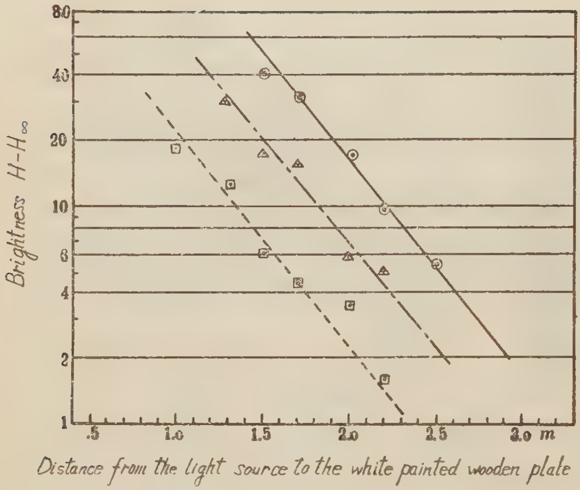


Fig. 3-Ⅱ The brightness of the white painted wooden plate (July 30th 1951)

⊙ no filter ($H_\infty=1.9$, $\sigma=1.1\ \mathrm{m}^{-1}$)

△ green filter ($H_\infty=1.2$, $\sigma=1.1\ \mathrm{m}^{-1}$)

⊡ red filter ($H_\infty=0.3$, $\sigma=1.2\ \mathrm{m}^{-1}$)

数を求めてみると 2.8 m^{-1} (7月6日), 1.1 m^{-1} (7月 30 日)となる。何れも海水の吸収係数の 10 倍位の値であるが，プールの水の比較的新しい後の場合は前者の半分以下になつていることが分る。

尚第3-Ⅱ図の点線は光源に緑色（最大透過波長 5400 Å)及び赤色(最大透過波長 6350Å)のフィルターを取付けた場合の白板の輝度を測定したものである。これから此の波長範囲に対する吸収係数として夫夫 1.1 m^{-1} 及 1.2 m^{-1} が得られる。

iv) 白板及び黒板の視程

次に此の光度計を覗きとして用いて光束中の白板及黒板を光源側において見る場合の視程は第1表の通りであつた。

Table 1.

	7月6日	7月 30 日
白　板	1.3 m	3.1 m
黒　板	0.4 m	(1.0 m)*

此の測定においては threshold η は当然普通の場合より大きいことが予想されるが，実際 (5) 式に対して 7 月6日の実測値を代入して η を求めると 0.11 となる。この η の値は 30 日の測定の場合においても正しいものと仮定し，吸収係数の値 1.1 m^{-1} を用いて此の時の黒板の視程を計算すると 1.0 m となる。7 月 30 日の測定の時，光源に緑及赤のフィルターを取付けて白板の視程を同様に測つたが，何れも 3.2 m であつた。従つてフィルターを取付けない時と殆ど等しい。これは第 3-Ⅱ図から知れるようにフィルターを付けた時の明るさは小さいのであるが σ 及 α が波長により大きく変らず視程は明るさの Contrast で定まるからであろう。しかし光源の色と視程の関係も今後研究すべき問題と思う。

v) 散乱係数 α

白板の反射率を 0.6 とし，吸収係数及び視程について測定された値を (6) 式に代入して α を求めた。7 月6日及 30 日の場合に対して夫々 0.0069 及び 0.0043 となる。即ち光束が 1 m 進む時には約 0.7 %或は 0.4 % の部分が後方に反射されている。前者の水の中には恐らく極めて大型の浮游物が多く光を反射しているものと考えられる。

5. 指向光束より側方に散乱される光

水中の指向光束より光束に直角な方向に散乱される光が光源よりの距離 r によつて如何に減つているかを前述の光度計にて測定した。光源と光度計の深さは 50 cm である。第4図はその結果である。これによれば水中の指向光束を真横から見た時の明るさは光源より遠ざかるにつれて指数函数的に減衰して行く事が分る。指向光束が水中を通る時には水自身や浮游物の散乱作用によつて其指向性が次第に失われるであろう。強さ I_0 の光が r なる距離に進んだ時の強さは $I=I_0e^{-\sigma r}$, 而して光束に直角方向へ散乱される光は次のように書けるであろう。即ち

* 計算値

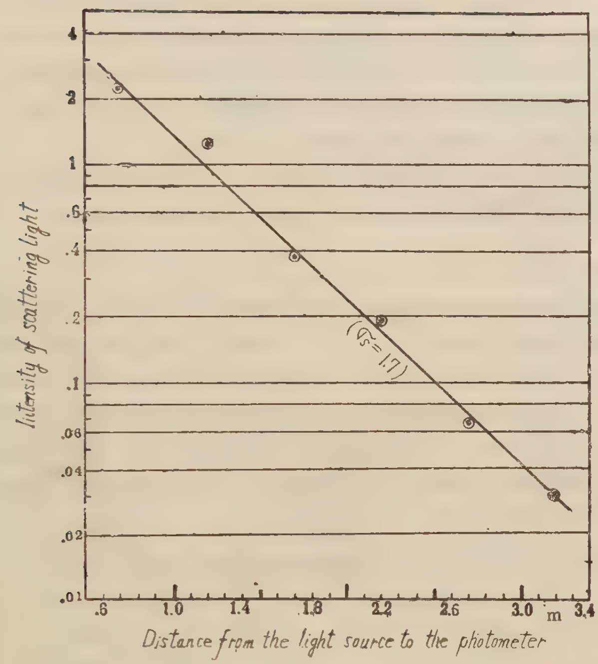


Fig. 4-I The intensity of scattering light (distance from the light beam to the photometer$=0.7$ m)

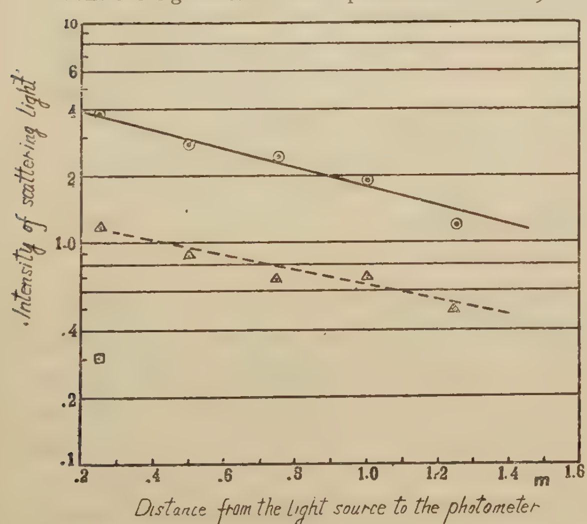


Fig. 4-II The intensity of scattering light (distance from the light beam to the photometer$=1$ m)

⊙ no filter ($\sigma_s=0.97\,\mathrm{m}^{-1}$)

△ green filter ⊡ red filter

$$I_s=\beta I=\beta I_0\cdot e^{-\sigma\gamma}$$

さて光が唯一回の散乱をうけて光度計に達するものとすれば β は γ に無関係となるはずであるが，一般には何度も散乱を受けた光を測定する。従つてこの時には β は γ の函数と考えるべきであろう。然るに第4図の結果より考えれば β は次の形を取る事が知られる。即ち

$$\beta=\beta_0\cdot e^{\mathrm{r}\cdot\gamma}$$

従つて $I_s=I_0\cdot\beta_0\cdot e^{-(\sigma-\mathrm{r})\cdot\gamma}=I_0\cdot\beta_0 e^{-\sigma_s\cdot\gamma}$

第4図より測定された散乱光について，その減衰係数 σ_s を求めると夫夫 1.7m^{-1} 及び 0.97 m^{-1} 従つて r は夫々 1.1m^{-1} 及び 0.15 m^{-1} となる。この r は指向光束の指向性損失を決める係数と考えてよいであろう。

6. 海中において実測した視程

次に潜水探測機中より海中の水平視程を測定した結果について述べる。直径 20 cm 長さ 1 m の円筒を白及黒のペンキで塗つたものを視標とした。測定は網代港内に於て昭和 26 年 11 月 16 日の昼間及夜間に夫々太陽光線で見る場合と投射光束によつて見る場合について行つた。この場合の光源は潜水探測機に装備されている写真用の 500 W のスポットライトである。これは電球内に反射膜をもつ市販の型のもので水密ケースに格納されて潜水探測機の観測窓の下方，約 1.1 m の所に取付けられている。その測定結果を第2表に示す。

Table 2.

光　源	視　程		測　定 時　刻	測定 深度	透明度
	白	黒			
太　陽	11 m	11 m	11h04m	5 m	
	11 m	11 m	11h20m	15 m	9.7 m
スポットライト	13.5 m	12 m	21h30m	7 m	

この場合スポットライトによる視程は昼間よりやゝ大きいが，夜間においても海水が不変であつたかは分らない。

白と黒の視程は水泳プールに於ける程異らないのは注意すべき事と思う。透明度と吸収係数の間の経験式 $D=\frac{1.7^{*}}{\sigma}$ によつて $D=9.7\,\mathrm{m}$ に対して σ を求めると $0.175\,\mathrm{m}^{-1}$ となる。この σ の値を用い且 threshold $\varepsilon=0.02$ と取つて（5）式により黒の視程を計算すれば 11.2 m なる値が得られる。この計算値は指向光源の位置において視た黒い物体の視程であり而も海水の吸収係数は昼間の場合の値を仮定しているのであるが，今スポットライトにおいて実測された黒の視程 12 m と比較する時，極めて近い値になつている。

海中の視程と海水の吸収，散乱係数との関係或は透明度と海中視程の関係などについては今後の研究によらねばならない。こゝには今迄この方面の研究の殆ど皆無に近い事を考えて実測の一例を掲げた。

7. 結　　　言

光源として指向光源を利用する時，その光束中の物体を光源の位置にて視る場合について視程を，物体の反射率，水の吸収係数及び後方への散乱係数によつて表わす式を導いた。それに依ると完全に黒い物体の視程は吸収係数のみで定るが，その他の物体の視程は吸収係数の比によつても影響されるのであつて同一の吸収係数を持つ水中では散乱の多い時視程は小さくなる。又視程の実測値を此の式に用いて式中の散乱係数を求め得る。水泳プールにおける実測に依ると，その結果は導かれた式が成立つ事を示したので，実際にそれらの係数を求めた。又光源の色を変えた場合の視程について実験した結果では殆どその影響が認められなかつた。倘網代港にて潜水探測機中より行つた視程を実測した例についても述べた。

* 厳密には此の式の σ は海中照度の減衰を示すものであるが，吸収係数の近似値として考える。

小型底曳網の天井網口の高さと曳行速度との関係に就いて

宮 崎 千 博
(三重県立大学水産学部)

The Relation between the Mouth Height of the Square Part of Small Trawl Net and its Pulling Velocity

Tihiro MIYAZAKI

The experiments on the relations between the mouth height of the square part of the net and tension on the rope in proportion to the differences of pulling directions and current directions under various pulling velocities, have been carried out by using small trawl nets (8 HP) in Ise Bay.

From these experiments, the following results were obtained.

1. In spite of the equal pulling velocities related to the sea-bottom, the mouth height of the square part, be pulled in the same direction as the current flows, is higher than in the opposite direction (Fig. 3, Fig. 5).

2. The tension on the rope pulled in the same direction as the current flows, is weaker than against the current while the pulling velocities related to the sea-bottom are equal (Fig. 4).

3. In the cases of the equal pulling velocities related to water, the mouth height of the square part, be pulled in the same direction as the current flows, is equal against the current (Fig. 8, F ig. 10).

4. Let the mouth height of the square part and the pulling velocity related to water express by h and v respectively, when the pulling velocity is related to water, the results are following :

$h \infty V^{-1/3}$……(indicated in Fig. 9)

$h \infty V^{-1/3}$……(indicated in Fig. 11)

小型底曳網の曳行方向と潮向との相違や曳行速度の相違による天井網口の高さ及び曳綱にかかる張力等の相違をみるために伊勢湾で用いられている8馬力の底曳網で観測を行つた。

観測された網の仕立の概要は第1乃至第2図に示される通りである。

網は伊勢湾で水深 2 m，海水比重 1.018～1.022，底質砂の場所で，曳綱の長さを 45 m とし，手木から股綱の 1.4 m（第1図の網）及び 2.3 m（第2図の網）の位置に夫々長さ 4.4 m 及び 4.8 m の張竹を附して曳行された。

天井網口の高さは底曳網漁船によつて網の直上に曳かれた伝馬船から箱眼鏡を用いて直接測定された。

第1図の網についての測定結果の概要は第 3，4 図及び第1表に示される通りである。

第 3，4 図によると対地速度が同じでも天井網口の高さは追潮時の方が逆潮時より高く，曳綱にかかる

1953 年 5 月 7 日受理（印刷費負担）
三重県立大学水産学部業績第 13 号

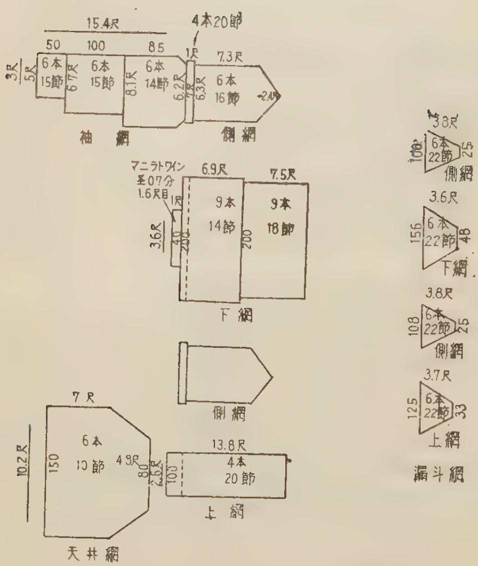


Fig. 1 Details of the net
The width of the net indicated
by number of the mesh

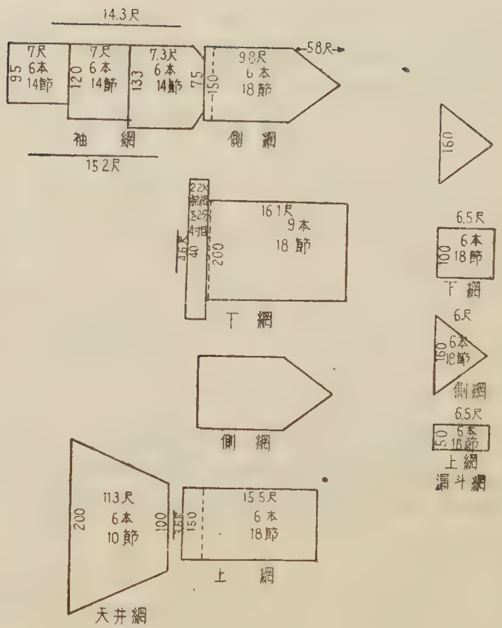


Fig. 2 Details of the net
The width of the net indicated by
number of the mesh

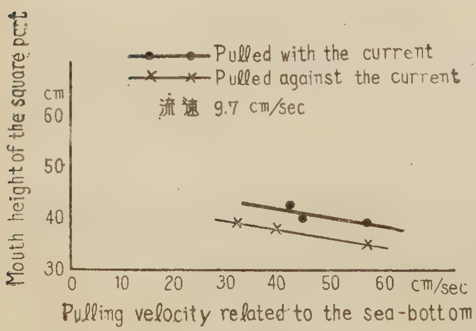


Fig. 3

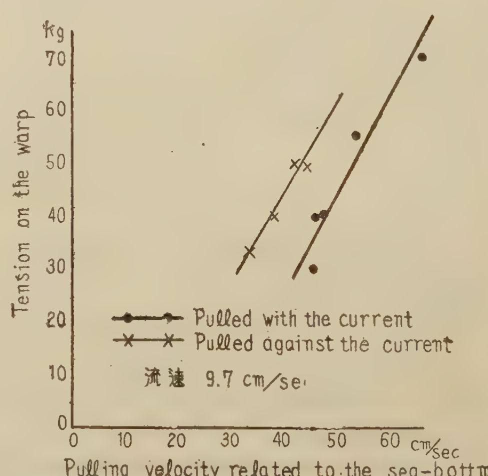


Fig. 4

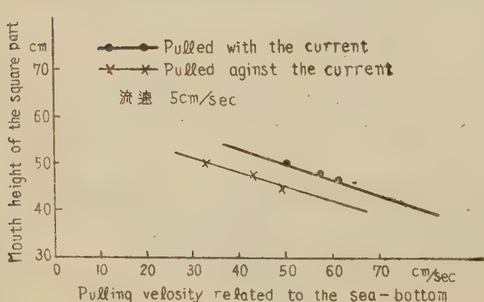


Fig. 5

Table 1. Relation between the mouth height of the square part and the pulling velocity

Pulling velocity cm/sec		Mouth height of the sguare part	Remark
Pulling velocity related to the sea-bottom	Pulling velocity related to water		
42.1	32.4	42	Pulled with the current
—	—	40	
—	—	39	
—	—	39	Pulled against the current
—	—	38	
—	—	35	

Table 2. Relation between the mouth height of the square part and the pulling velocity

Pulling velocity cm/sce		Mouth height of the square part	Remark
Pulling velocity related to the sea-bottom	Pulling velocity related to water		
49.3	44.3	50	Pulled with the current
56.5	51.5	48	
60.9	55.9	47	
32.4	37.4	50	Pulled against the current
42.9	47.9	48	
48.9	53.9	45	

Table 3. Relation between the mesh of the square part and the pulling velocity

Pulling velocity cm/sec		Cot ρ	ρ	Remark
Pulling velocity related to the sea-bottom	Pulling velocity related to water			
44.6	41.6	1.35	36.5	W*)
34.0	37.0	1.61	31.8	A*)
47.3	45.5	1.39	35.8	W
35.5	36.9	1.48	34.2	A
31.8	32.8	1.63	31.5	A

Notice ; Pulling velocity 4 cm/sec

*) W ; Pulled with the curent

A ; Pulled against the current

Table 4. Relation between the mesh of the upper side of the bag net and the pulling velocity

Pulling velocity cm/sec		Cot ρ	ρ	Remark
Pulling velocity related to the sea-bottom	Pulling velocity related to water			
44.6	41.6	1.5	33.7°	W*)
34.0	——	1.94	27.3	A*)
47.3	——	1.58	32.3	W
35.5	——	1.75	29.7	A
31.8	——	2.21	24.3	A

Notice ; Pulling velocity 4 cm/sec
W ; Pulling with the current
A ; Pulling against the current

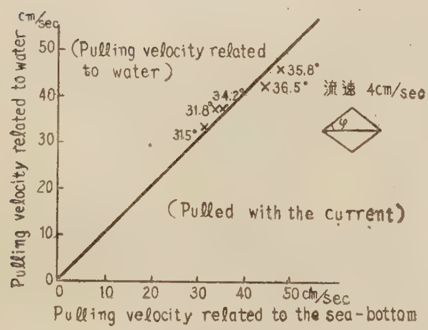


Fig. 6

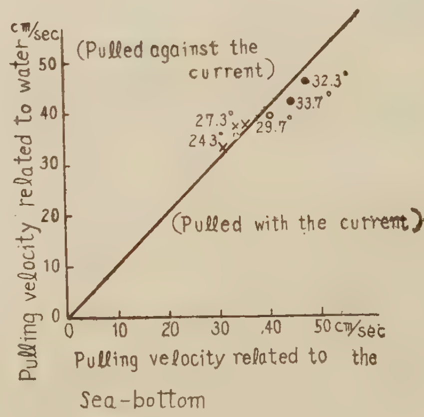


Fig. 7

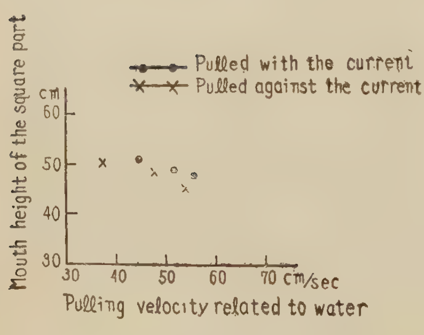


Fig. 8

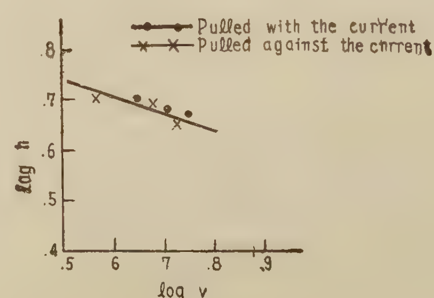


Fig. 9

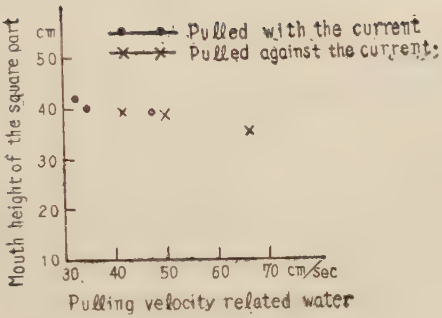


Fig. 10

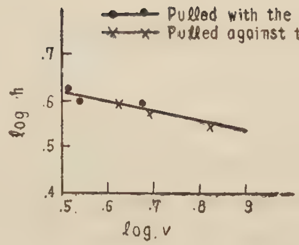


Fig. 11

張力は追潮時の方が，逆潮時に比して小さいことがわかる。

第2図の網についても同じ結果(第2表，第5図)をえた。

この網が追潮で曳行される場合と逆潮で曳行される場合とについて天井網と嚢網の上網との網目を写真測定したところそれぞれ第3表，第6図と第4表，第7図のような結果をえた。

これ等の表と図から次のことがわかる。即ち(1) 対水速度が等しい場合には対地速度が大きい程，対地速度が等しい場合に対水速度が小さい程，天井網・嚢網の上網共網目が拡がる。(2) 対水・対地速度が等し(静水中) ければ速度が速い程，網目が狭まるとしてもこの傾向は極く弱い。

対地速度が同じでも追潮時には静水時にくらべて天井網・嚢網の上側がゆるみ，対水速度が同じでも逆潮時には静水時にくらべて下側が張る関係で相対的には上側が弛み，したがつて網目が (1) のように拡がると共に嚢尻も浮上し，天井網口も高まるのであろう。

そしてこの解釈が第1図の網に対しても当てはまることはいうまでもなかろう。

次に第1表の測定値を用いて天井網口の高さ h と対水速度 v との関係を図示すれば第8乃至第9図にみるように追潮・逆潮で差別なく，次の式で表わされることがわかる。

$$h \propto v^{-1/5}$$

同様にして第2図の網についても天井網口の高さ h と対水速度 v との関係が $h \propto v^{-1\,3}$ で表わされることは第2表を図示した第 10，11 図 をみればわかる。

終りに本実験に当り御指導を賜りました田内博士及び御忠言を賜りました石井一美教授に対し深甚の謝意を表する次第である。

Mechanical Action of the Otter Board of the Trawl Net

Tasae KAWAKAMI
(Fisheries Dept., Fac. of Agr., Kyoto Univ.)

In order to get an accurate knowledge regarding the actual mode of mechanical action of the otter board of the trawl net in moving through the water, a theoretical consideration was made, together with a series of experiments with a small simple model net. To make possible the mathematical analysis, a simple otter trawl, which lacks its cod end, was designed as shown schematically in Fig. 1. A long narrow rectangular strip of a net of length $2s$ and constant width h, which

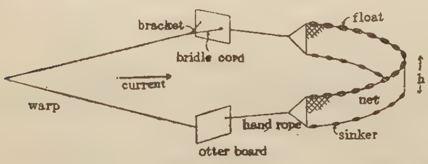


Fig. 1 Model net used in the experiment

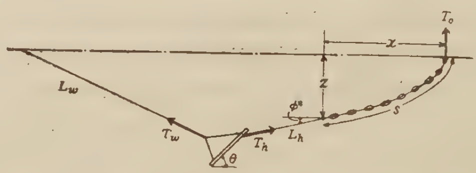


Fig. 2 Vertical view of the experimental net.

was fitted with suitable number of floats and sinkers, was towed in a current of water of velocity U by means of warps of length L_w and hand ropes of length L_h with otter boards of area A. One end of the hand rope was tied to the edge of the net piece and the other to the otter board, to which the warp was attached with bracket and bridle cord. Since the geometrical configuration and the mechanical action of force may be symmetrical about the central axis, the vertical view of the half side of the net is shown two-dimensionally in Fig. 2.

The net was constructed from homogeneous mesh of $2L$ in streched measure woven with cotton twine of diameter D. A constant rate of slack was allowed on the float line so as to make an angle 2φ between two adjuscent arms of the netting.

The equilibrium configuration of the net piece, when its both edges are supported in a current of water, may be expressed by integrating the differential equations in which TAUTI's law[1)] for hydrodynamic force acting upon the net is assumed. The results obtained are as follows.

Let T_0 be the tension at the center of the net piece, and ϕ^* be the angle between the direction of the current and the plane of net at the edge of the wing. If we assume TAUTI's law and neglect the influence of floats, sinkers, and knots of the net, the tention, T^*, at the edge of wing, the depth, x, and the half length,

Received April 24, 1953 (印刷費負担)

s, of the net, and the horizontal spread, $2z$, at the mouth of the net can be represented in terms of ϕ^* as follows:

$$\frac{T^*}{T_0}=(\sin\phi^*)^{-\sin^2\varphi}\equiv\tau(\phi^*), \tag{1}$$

$$\frac{K}{T_0}s=\int_{\phi^*}^{\pi/2}(\sin\phi^*)^{-(1+\sin^2\varphi)}d\phi^*\equiv\sigma(\phi^*), \tag{2}$$

$$\frac{K}{T_0}x=[\tau(\phi^*)-1]\operatorname{cosec}^2\varphi\equiv\xi(\phi^*), \tag{3}$$

$$\frac{K}{T_0}z=\int_{\phi^*}^{\pi/2}\tau(\phi^*)d\phi^*\equiv\zeta(\phi^*), \tag{4}$$

where K is a constant defined by

$$K=\frac{C_D}{2}\rho U^2\frac{D}{L}\Big)h\sec\varphi\operatorname{cosec}\varphi,$$

C_D being the drag coefficient of a netting cord, and ρ the density of water.

Let n be the number of floats, belonging to the half side of the net piece, and let f be the drag of a float. Since the tension, T_h, of the hand rope, must be the sum of T^* and the resistances of floats, if the resistances of other belongings be negligible, we may put apporoximately

$$T^*+nf\sec\phi^*=T_h. \tag{5}$$

Next, with regard to the otter board, let M be its center, D the point of action of hydrodynamic force acting upon it, and θ the angle between the direction of current and the plane of the otter board as shown in Fig. 3. Then, let us assume that the apporoximate expressions with respect to the magnitude of the hydrodynamic force, P, acting upon the otter board and to the distance d (=MD) are given respectively by

$$\frac{P}{P_0}=\frac{2\sin\theta}{1+\sin\theta}\equiv\gamma(\theta),$$

and

$$\frac{d}{b}=\frac{3}{4}\frac{\cos\theta}{4+\pi\sin\theta}\equiv\delta(\theta),$$

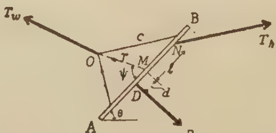


Fig. 3 Otter board.

where b is the length of the otter board, and

$$P_0=\frac{C_{D'}}{2}\rho U^2A,$$

$C_{D'}$ being the drag coefficient of the otter board.

In order to represent the location of the connection point, O, between warp, bracket and bridle chain, consider the poler coordinates (r, ψ), which take the center, M, of the board as its origin and $\overrightarrow{MA}$ as its axis. The equation of equilibrium for the otter board can be written as

$$\frac{T_w}{P_0}\cos\phi-\frac{T_h}{P_0}\cos\phi^*-\gamma(\theta)\sin\theta=0, \tag{6}$$

$$\frac{T_w}{P_0}\sin\phi+\frac{T_h}{P_0}\sin\phi^*-\gamma(\theta)\cos\theta=0, \tag{7}$$

$$\frac{r}{b}\left\{\frac{T_h}{P_0}\sin(\phi+\phi^*-\theta)-\gamma(\theta)\cos\phi\right\}+\frac{l}{b}\frac{T_h}{P_0}\sin(\phi^*-\theta)+\gamma(\theta)\delta(\theta)=0. \tag{8}$$

In addition, the next relation must be satisfied as a whole:

$$\frac{z}{L_w}+\frac{L_h}{L_w}\sin\phi^*=\sin\phi. \tag{9}$$

Twenty parameters are appeared in the equations (1)~(9). If, however, the material and the design of the net, the structure and the dimensions of the otter board, the length of ropes and the speed of the current are given, eleven parameters, L_w, L_h, n, f, P_0, K, s, ψ, r, b and l may be fixed. Therefore, we may be able to obtain the numerical values of the other nine variables by solving these nine trancendental equations simultaneously.

In this case, the following procedure may be employed. On eliminating T_0 from the equations (1), (2), (3) and (4), there results

$$z=s\frac{\zeta(\phi^*)}{\sigma(\phi^*)}, \tag{10}$$

$$x=s\frac{\xi(\phi^*)}{\sigma(\phi^*)}, \tag{11}$$

$$T^*=sK\frac{\tau(\phi^*)}{\sigma(\phi^*)}, \tag{12}$$

and on eliminating T_w from the equations (6) and (7), we obtain

$$\cot\phi=\frac{\gamma(\theta)\sin\theta+\left(\frac{T^*}{P_0}\right)\cos\phi^*}{\gamma(\theta)\cos\theta-\left(\frac{T^*}{P_0}\right)\sin\phi^*} \tag{13}$$

Then, using the equations (10), (12) and (9), compute the numerical values of z, T^* and ϕ corresponding to various values of ϕ^* previously assumed. Next, determine the value of θ which satisfies the equation (13) in which the value of ϕ is calculated by means of the equation (9), for each value of ϕ^*. This may easily be done by a graphical method. Substitute the relations $T^*(\phi^*)$ and $\theta(\phi^*)$ thus obtained into the left-hand side of the equation (8), and fined out a set of values which makes it vanish. This is just what we demanded. The values of the other unknown parameters corresponding to this set of values may readily be obtained.

In this problem, the values of K, P_0 and f are considered to be proportional to the square of U, if NEWTON's law for hydrodynamic resistance be tenable. If it is the case, the tensions T^*, T_h and T_w may also be proportional to the square of U. On the other hand, they appear in the forms of (T^*/P_0) or (T_h^*/P_0) in the equations (13) and (8), which represent the location and the attitude of the otter

board, and none of them appears in the equations (10) and (11), which govern the shape of the net piece. It is, therefore, supposed that the towing force of the net may vary in proportion to the square of the towing speed. Nevertheless, the whole configuration of the net, including the otter board, may be settled irrespective of the tc wing speed.

The experiments were carried out in the experimental tank installed in the physical laboratory of the institute. The design of the net was as follows.

Net Piece : $(D/L)=0.09$, $\varphi=36.5°$, $s=28$cm., $h=11$cm;

Float : Wooden spindle shape, $2\times0.8\times0.5$cm^3;

Ropes : $L_h=19$cm., $L_w=48$cm.;

Otter board: $A=28.8$cm^2, $b=6.7$cm, $l=2.0$cm. A metal rod of length 4.3cm., which corresponds to the bracket, was attached movably to a point of 0.6cm. distance from the front edge of the board, and a bridle cord, the length, c, of which can be controlled arbitrarily, was attached to a point of 0.6cm. apart from the backward edge of the board.

The speed, U, was varied within the range from 15 to 30cm./sec., so that the corresponding REYNOLDS' number formed with the diameter of the netting coid amounted to the order of $(1.5\sim3)\times10^2$, at which NEWTON's law of fluid resistance may hold approximately. We assume, therefore, that the value of C_D is equal to 1.6 as has ben presumed by the author's fomaer experiment[2)] on ropes. As regards the resistance, f, of the float, it is estimated that $f=0.3U^2$, taking the resistances of the sinkers and the other belongings into account.

The relations of the horizontal spread, $2z$, at the mouth of wing, and the towing force of the net divided by the square of U versus the values of c are calculated numerically, and are plotted by solid curves in Figs. 4 and 5 respectively, together with the observed values.

It can be seen from Fig. 4 that the maximum point of z is located at the point $c=7$, at which the angle θ is equal to about 30°. Generally speaking, both the calculated and observed plots, though resemble with each other in tendency, show some systematic difference, especially in the values of z. The cause of this discrepancy will be clarified by further investigations, in which the methods of correction will be studied.

In conclusion, the writer wishes to express his hearty thanks to Mr. K. BAPA and Miss E. ARAKI for their assisance in the cource of this study. Part of the expenses needed for this study was defrayed by the research fund granted from the Ministry

of Education.

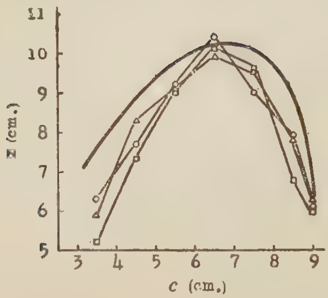


Fig. 4. The horizontal spread of the wing plotted against the length of bridle cord. Current speed ; o : 30cm. /sec. ; □ : 20cm. /sec. ; △ : 15cm. /sec.

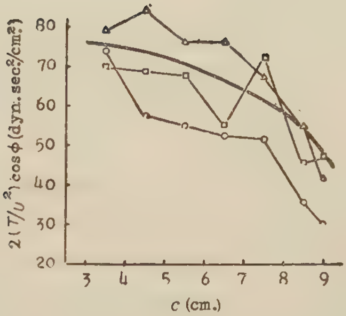


Fig. 5. The towing force (divided by the square of current speed) plotted against the length of the bridle cord.

Literatures

1) TAUTI, M. : The force acting on the plane net in motion through the water. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **3** (1), 1, (1934).

2) KAWAKAMI, T. : On the configuration and distribution of tension of a rope in a uniform stream. Mem. Coll. Agr., Kyoto Univ., **66**, 1, (1953).

鈎にかゝつた魚の引きの強さに就て

大 島 泰 雄
(東大農学部水産学科)

On the Pull of Fish Caught by Fish-hook

Yasuo OHSHIMA

Although it is a commonest phenomenon that a fish rushes violently when caught by a fish-hook, there does not seem to be any exact study on the strength with which such fish pulls the fishing tackle. This paper reports an experiment in which an attempt was made to measure that strength.

Fig. 1 shows the apparatus used for this measurement. When a fish catches a hook (H) and pulls the fishing tackle downward, the spring (S) is stretched and the stress is recorded by the kymograph (K).

The force with which a fish pulls the tackle downward, and the amount of work done thereby by the fish, are given respectively by $(F)=c \cdot y+r \cdot g=ky/n+r \cdot g$ and $(W)=\{k(y/n)^2+r \cdot g \cdot y\}/2$ where y is the displacement upward of the free end of the writing lever, and n, the magnification of the kymograph. c and r are the constants proper to each spring, and they can be determined from the damped oscillation brought about by hanging a known weight on the hook (Fig. 2A). The friction between the recording paper and the pen has been found to be negligible.

The measurment was carried out at the Shinmaiko Aquarium, Aichi Pref., using several species of fish reared there as the material for this study.

Kymographic records obtained by this method (Fig. 2 B, and 3 A–C) are characterized by the major peaks occurring at intervals and the minor peaks that follow each major peak. Since the major peak, y, represents the maximum instantaneous force exerted by the fish, (F), and a major peak and the subsequent minor peaks are taken into account in computing (ΣW), the feature of the pull can be expressed in the terms of (F), (ΣW), and the time intervals of each major peak. While both (F) and (ΣW) are necessary to express the strength of the pull, only (F) has been studied in some details.

In the rockfish, *Sebastiscus marmoratus*, the maximum of (F), (Fmax), increases nearly proportionally with the body weight (Fig. 4). Assuming this relation holds also in other species, (Fmax) per 100 gr of body weight is adopted as the basis on which the forces of the instantaneous pull in different species are compared (Table. 1).

これまで鈎りにかゝつた魚がどのくらいの力で引つぱるか，またどのように引つぱるかに就て調べた記録はないようである。こゝではバネを使つて魚が引つぱつた時その伸びをキモグラフに描かせる方法によつて水槽実験を行つたので，得られた二，三の記録を例にとつて魚の引きの強さを計る方法について述べることにする。

1953年6月5日受理（印刷費負担）

実験方法

第1図の装置で，これを新舞子水族館（東大水産実験所附属）の水槽上に取付け，そこに飼育されている数種の魚について実験を行つた。実験に当つて魚が餌に喰付いて鈎にかゝつた場合と鈎を魚の上唇にかけて水槽に放した場合とについて記録をとつた。前の場合原則として鈎が水面から約 30 cm 下にあるように糸の長さを調節したが，水面近くで餌をとらぬ魚に対しては初めに鈎を水槽の底近く降して魚が喰付いた時素早く糸を引き上げて，糸の途中に附けた小環をバネの先にひつかける方法をとつた。使つたバネは強弱5種で魚の種類，大きさ等によつて使い分けた。

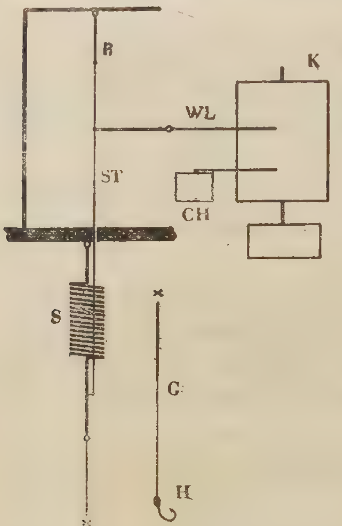


Fig. 1 The apparatus used to register the pull of fish.
K : Kymograph. WL : Writing level. CH : Chronograph. R : Rubber string. ST : String. S : Spring. G : Gut. H : Hook, set at 30 cm. down the water-level.

キモグラフに描かせた図から魚の引きの強さ即ち引つぱる力や仕事の量を求めるには次のようにした。

(1). バネを引つぱる力（F）とヘーベルの針先の変位（y）との関係は m g の錘をかけて針先の振動がとまつた時に $F=cy$ であるが，実際にはバネの1例で m が 650, 500, 400 g のとき y は夫々 2.03, 1.31 0.86 cm であり，これから $(m-\gamma)\times 980=cy$ で $c=(m-\gamma)\times 980/y$ dyne/cm となる（但し γ 及び c はバネの強弱によつて異なり，この場合 $\gamma=220$, $c=0.207\times 10^6$）。

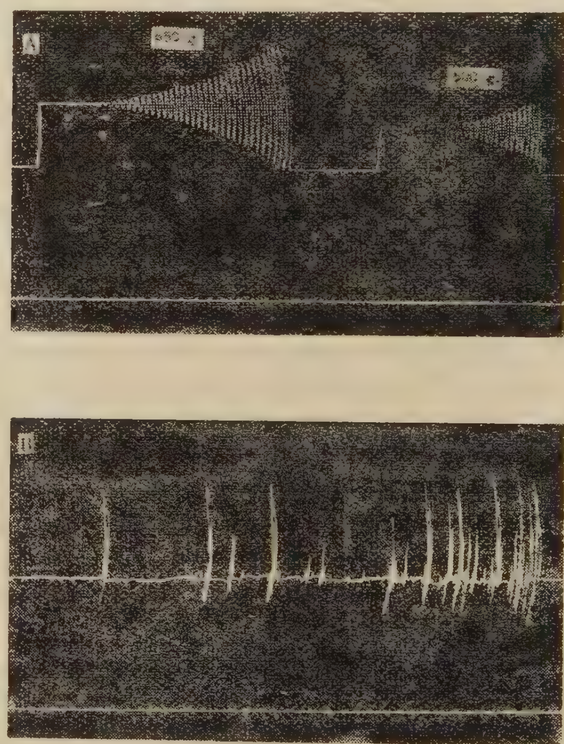


Fig. 2 A : Vibrations of a spring brought by hanging the 400 g. and 650 g. weights. B : The pull of a yellow-tail (*Seriola purpurascens*), 121 g. in body weight. The fish bit on the bait and was hooked. Time interval : one second.

(2) 第2図Aをみれば判るようにバネに錘をかけた場合キモグラフの接触部分に摩擦があるために針先の振動が減衰しているので，錘の鈎合からの変位は，$y \infty e^{-\lambda t} \sin \omega t$ である（但し $\lambda=f/2m$, $\omega=\sqrt{k/m-\lambda^2}$）(註)。こゝで m は錘の質量で，x だけ伸びたバネの力を kx，摩擦力を $f\dot{x}$ であらわす。第2図の $m=650$ g の場

合，グラフから $T=0.42$ sec，$\lambda=0.182$ で，500 g の場合には $T=0.38$，$\lambda=0.239$ である。ところで摩擦係数がいつでも同じならば $f=2\,m$ であるが，これが前者では 0.236×10^3，後者では 0.239×10^3 になる。また $k=(\omega^2+\lambda^2)m$ でこれが前者では 1.46×10^5，後者では 1.37×10^5 となる。摩擦がときどき違うことは避けられないことであるが，この場合 f も k もかなりよく一致することから摩擦の影響が結果に大きく響いていないことを予想できる。

(3). 第3図のように魚が引つぱる場合には錘を吊した場合のような周期性がなく，ヘーベルの針先は殆んど瞬間的に 0 ポイントに戻るか，または反対側に少し移つているだけのことが多いから，このような場合にはグラフが示す通りに魚がひつぱつたとみてよいだろう。

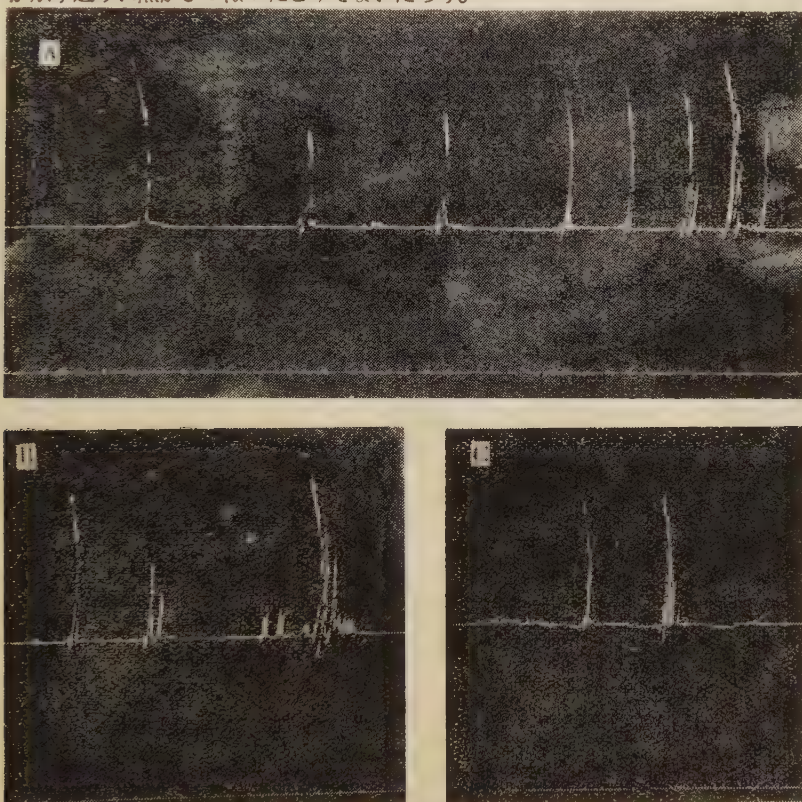


Fig. 3 A : A grouper (*Epinephelus septemfasciatus*), 80 g. in body weight (Table 1, A-9). B : The same species, 59 g. (Table 1, A-8). C : A rockfish (*Sebastiscus marmoratus*), 181 g. (Table 1, A-15).

(4). 魚がひつぱる力や仕事の量を計算するとき摩擦の影響が省略されるならば簡単で，ひつぱりきつた時のバネの伸びを x cm とすると仕事の量は $W=\frac{1}{2}kx^2$ で現わされる。ヘーベルの針先の動き y と x との比即ちグラフの倍率を n とすると $W=\frac{1}{2}k(y/n)^2$ であり，また上記 (1) から $F=cy=cnx$ で，(2) から $F=kx$ であるから従つて $k=cn$ で n を求めることができる。但し (1) で述べたように F も W もみかけの値であるから補正を要する即ち $(F)=F+\gamma.g$，$(W)=W+\frac{1}{2}\gamma.gy$。

(註) グラフから減衰振動の周期 (T) と振幅の対数減衰率が判り，これが夫々 $2\pi/\omega$，$\lambda T/2$ であるから ω と λ とが判る。

(5). 摩擦力に対して費された仕事の量を見積ることは難しいことであるが，次のようにして大体の見当をつけることができよう。針先が振れた距離をグラフから求めて y とし，それに要した時間が i であるとすると平均の速さは nx/i で摩擦力は fnx/i となる（(2) を参照)。従つて摩擦力に対してなされた仕事は$W'=fnx^2/i=fy^2/ni$である。(2) と (4) とから f と n が求められる。またグラフ(第3図)をみると魚がひつぱつた瞬間の針先の振動は 1/10 sec 程度とみられるので，$i=1/10$ とすると (2) で $f\fallingdotseq 0.24\times 10^3$, (4) で $n=0.7$ であるから $W'=0.35\times 10^4\times y^2$ erg となる。これに対して魚がバネをひつぱるために費した仕事は (W)=$(0.14\times 10^6\times y^2+0\cdot 11\times 10^6\times y)$ erg となる。従つて摩擦に対してなされた仕事は省略してもよいだろう。

(6). 一定時間に鈎にかゝつた魚が引つぱつた時になす仕事の総量はグラフの針先の振れ y_n から求める W_n を積算すればよいわけである。

実 験 結 果

(1). 前述の方法で水族館に飼われていたカサゴ，カンパチ，シマイサキ，マハタ，マダイ，カワハギ等について得た各グラフから y の最大値をとり，1 尾の魚が瞬間にひつぱる最大の力，(Fmax)$\times 10^5$ dyne を求めた結果を取纏めると第1表のようになる。

(2). 比較的引きの弱いカサゴについて体重と (Fmax) との関係を求めると第4図が得られる。(Fmax) の偏差は相当大きいがこの図をみると両者は大ざつぱに略比例するとみてよいだろう。そこで (Fmax) を魚の重量 100 gr 当りの値になおし (第1表参照)，各魚種についてこれを比較するとカンパチが最大でマダイがこれに次ぎマハタ，カサゴ，シマイサキ，カワハギの順となる。

なお図をみても判るように (Fmax) は魚が自動的に鈎にかゝつた場合と鈎にかけて放した場合とでは稍異なり，前者の方が稍大きい値が得られる。

(3). 実験に使つたキモグラフの廻転速度が速かつたので連続するヘーベルの針先の振れ y を分析することが困難であるが，多少無理をして一定時間 (10 秒間) に魚のなす仕事の総量 (ΣW) を計算しこれと (Fmax) との関係を次の実験記録によつて調べてみる。カサゴを使つてその上唇に鈎をかけて水槽に放し前述の方法で引きのグラフを描かせてから魚を引き上げ，鈎をかけたまゝの別の容器の中で5分間休息させ，再び同様の操作を繰り返して同一魚について連続4回の記録をとつた。3 尾のカサゴについて得た結果を纒めると第2表のようになる。この場合 (ΣW) も (Fmax) も第1回目に大きな数値を示し第2回目以後減少していることは同じであるが，その減少の程度は一致していない。(Fmax) が大きく求められても (ΣW) がこれと比例して大きくならない場合が起ることが予想される。

(4). グラフによるとヘーベルの針先の振れ y の変化は魚の種類，鈎にかゝつた時の状態等で違うけれども，どのグラフにも共通した点は間歇的に大きな振れが現われ，またこの大きな振れ Y を中心として幾つかの振れの集り Σy がみられることである。一般に魚が鈎にかゝたつ始めには Y が比較的大きく，Y と次の Y との時間間隔は短く，更に Σy の持続時間が長い。これ等の点を考えに入れて上述の (3) に準じて魚の引きかたを Y に相当する力 (F)，Σy に相当する仕事 (ΣW) 及び2つの Y の時間間隔 T とで表現すると次のようになる。代表的なグラフを例にとつてみると第3図 A (マハタ) は Σy の数が 3 で最初の引きが特に強い場合であるが，(F_1)，(F_2)，(F_3) は夫々 3.68, 1.82, 3.22×10^5 dyne で，(ΣW_1)，(ΣW_2)，(ΣW_3) は夫々 2.30, 0.34, 0.85 Joule であり，T_{1-2}，T_{2-3} は夫々 1.5, 3.4 sec となる。また同じ魚種で図の B では前例と引き方が異なり持続時間の短い Σy が続いて現われる。この場合 (F_1)，(F_2)，(F_3)，(F_4) … は夫々 2.66, 4.24, 3.41, 3.68 ……$\times 10^5$ dyne で，(ΣW_1)，(ΣW_2)，(ΣW_3)，(ΣW_4) …… は夫々 0.57, 9.25, 1.76, 1.12 …… Joule であり，T_{1-2}，T_{2-3}，T_{3-4} …… は夫々 1.8, 2.4, 2.9 …… sec となる。

Table 1.

Species		Body length (cm)	Body weight (g)	(Fmax) ($\times 10^5$ dyne)	(Fmax) per 100 g
Sebastiscus marmoratus	A	10.3	33	1.305	3.955
		13.5	62	2.481	4.002
		13.7	59	1.907	3.232
		14.2	79	3.522	4.434
		14.5	84	4.109	4.892
		14.7	95	4.369	4.599
		14.9	103	6.938	6.736
		15.5	96	5.448	5.675
		16.0	99	5.489	5.544
		16.0	121	5.380	4.446
		17.4	139	8.904	6.406
		17.7	173	9.028	5.218
		17.8	183	5.706	3.118
		18.2	185	8.739	4.828
		18.2	181	8.180	4.519
		18.3	192	4.907	2.556
		20.2	249	5.380	2.161
		15.4	111	4.777	4.304
	B	10.3	33	2.371	7.184
		12.2	63	4.888	7.759
		13.2	74	5.483	7.409
		14.5	84	4.255	5.065
		14.7	95	6.521	6.348
		15.4	111	5.559	5.008
		16.0	121	5.054	4.171
		16.5	128	8.056	6.294
		17.4	154	8.946	5.809
		17.8	183	7.010	3.831
		18.3	192	6.527	2.868
		18.4	199	12.348	6.205
		20.2	249	5.853	2.409
		23.5	293	14.998	5.119
Pagrosomus major	A	17.2	169	12.996	7.690
		19.3	195	12.770	6.549
	B	15.0	113	10.835	9.588
		17.0	164	13.415	8.180
		19.0	202	15.350	7.550
Epinephelus septemfasciatus	A	11.5	39	1.290	3.308
		12.5	55	2.760	5.018
		12.5	49	3.067	6.259
		13.2	64	2.323	3.630
		13.2	54	3.746	6.937
		13.3	62	3.765	6.073
		13.8	71	4.025	5.669
		14.0	59	3.337	5.656
		14.5	80	4.267	5.334
		15.3	91	4.462	4.963
		16.5	133	6.239	4.691
	B	14.3	82	4.636	5.654
		15.3	107	7.546	7.052
		15.5	104	7.400	7.115
		15.7	119	5.575	4.685
		16.2	125	8.598	6.878
Seriola purpurascens	A	14.3	74	7.178	9.700
		16.6	90	7.630	8.478
		16.6	87	7.465	8.580
		16.8	80	5.836	7.295
		17.5	114	12.427	10.901
		18.0	121	8.706	7.228
		19.0	135	7.671	5.682
		19.4	153	12.279	8.025
		21.2	154	11.053	7.177
Monacanthus cirrifer	B	11.8	64	3.695	5.773
		16.3	174	4.649	2.687
		16.9	143	5.920	4.140
		17.0	145	4.229	2.917
Therapon oxyrhynchus	A	9.7	78	2.057	2.638
		16.1	94	4.728	5.030
		16.4	105	4.728	4.503
		17.4	134	5.050	3.769
		18.3	156	4.565	2.933
		21.3	200	6.089	3.044

A: Fish that was artificially hooked at the mouth part and liberated.
B: Fish that was caught by hook in biting on bait.

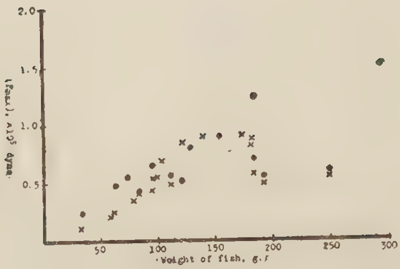


Fig. 4 Relation between (Fmax) and the body weight in the rockfish (*Sebastiscus marmoratus*). ●: Fish that was caught by the hook in biting on the bait. ×: Fish that was artificially hooked at the mouth part and liberated.

Table 2.

Fish No.		Σy	Σy^2	y max	(ΣW) Joule	(Fmax) dyne
1 (124)*	1	52.34	128.14	4.20	34.22	8.89×10^5
	2	18.06	29.35	2.60	8.44	5.69
	3	17.31	26.73	2.86	7.74	6.21
	4	14.21	21.96	2.70	6.36	5.89
2 (84)	1	41.65	91.89	3.91	25.51	7.31
	2	29.60	52.23	3.03	14.87	6.55
	3	17.35	30.41	3.34	8.66	7.17
	4	17.97	27.40	2.31	7.95	5.11
3 (83)	1	17.99	41.08	3.28	11.37	7.05
	2	16.32	30.93	2.97	8.72	6.43
	3	16.48	29.9.	2.60	8.50	5.69
	4	11.09	18.25	2.31	5.24	5.09

$k=0.8\times10^5$, $n=0.4$. *: the weight of fish.

考　　察

釣にかゝつた魚の引きの強さを現わす一つの試みとしてこゝでは始めに魚が瞬間的に引く最大の力，(Fmax) を使つたが，実験結果 (3) 及び (4) で述べたようにこれだけでは充分でなく一定時間に魚がなす仕事の総量 (ΣW) を併用する必要がある。実験結果 (4) で示したようにグラフの針先の振れかたを分析して上述の方法を使えばまがりなりにも魚の引きかたを表現することができるだろう。但しこゝでは魚の仂く面をのみ考えているのだから，この表現をそのまゝ実際の手釣の場合の人が感ずる手ごたえにあてはめるわけにはゆかない。実験方法 (5) で述べたようにヘーベルの針先の一振れ y の振幅は 1/10 sec 程であるから，人が手ごたえで連続する各 y をグラフのとおりに感じ分けることはできないと考えられることもその一つの理由として挙げることができるだろう。

終りにこの研究について田内森三郎博士から懇切な御助言を頂いたことを記して謝意を表する。

魚類の夜間行動に関する研究—II.

井伊　明・井上喜平治
(兵庫県水産試験場)
柘植秀臣・小川良徳・内橋　潔
(日本海区水産研究所)

Observations on the Nocturnal Behaviour of Fishes—II.

Akira Ii, Kiheiji Inouye
Hideomi Tuge, Yoshinori Ogawa and Kiyoshi Uchihashi

This study was conducted at the aquaria of Naoetsu and Hiyoriyama, and Kiyotaki Kieson Fukajô by observing the nocturnal behaviour of 20 species of fishes and by comparing it with the day-time behaviour. The gist of the results is as follows:

(1) Fishes can be classified into 3 groups: fishes which move only in the night-time, only in the day-time and fishes which move at night as well as in the day-time.

(2) The behaviour of fishes in the night-time can be said to be principally due to the activities for feeding.

(3) Most of the coastal fishes move only in the night-time and they behave somewhat more lively in the night-time than in the day-time.

(4) Nijimasu *Salmo irideus* (Gibbons) was ascertained to be inactive in the night-time.

緒　言

筆者等は第1報*に於て魚類の行動を観察して，昼行性，夜行性，昼夜行性及び昼夜定着性に類別することが出来ると述べたが，更に観察を広める必要があるので，第1報同様の手段で昭和27年8月，直江津水族館（新潟県），日和山天然水族館（兵庫県）ならびに清滝鮭鱒孵化場（兵庫県）に於て追試を兼ねて合計二十数種の魚類について，その夜間行動を観察した。

観察方法並びに材料

第1報に報告したと同様に約 8 mm の円形又は方形セルロイド薄板を2枚合せその内面に夜光塗料を塗り，このセルロイド板を絹糸又は綿糸で極く小さな釣針に結びつけ，この釣針を魚体の第1背鰭基部前端にさし込むことに依つて，セルロイド板を魚体に付けた。尚この程度の微光並に釣針に依る損傷では，魚類の夜間行動が攪乱されないことを昨年の試験で確認したので，今回もこの方法を用いた。そしてこの標識の光を追つて夜間に於ける魚の行動を観察し，昼間に於ける魚の行動の観察と比較対照を行つた。使用した夜光塗料は直江津水族館に於ては，ルミナウス産業 K・K 製のラヂウム塗料 105 号，日和山天然水族館並に清滝鮭鱒孵化場に於ては，昨年同様米国フイアデルフイア製商品名「カラーライト」のコバルト色のものであつた。

次に観察した魚類は両水族館とも 1～5 カ月間飼育したものであり，観察に供し得たものは第1表の通り

1953 年 4 月 30 日受理（印刷費負担）

* 井伊. 井上. 柘植. 小川. 内橋 1952. 魚類の夜間行動に関する研究（第1報）日水研創立三周年記念論文集

である。

Table. 1. Number of specimens observed

No.	和名	種名	調査場所
1	ドチザメ	*Triakis scyllium* Müller et Henle	(直), (日)
2	サカタザメ	*Rhinobatos schlegeli* (M. et H.)	(直)
3	アカエヒ	*Dasyatis akajei* (M. et H.)	(直)
4	ホンサバ	*Scomber japonicus* (Houttuyn)	(日)
5	ブリ	*Seriola quinqueradiata* Temminck et Schlegel	(直), (日)
6	マアヂ	*Trachurus japonicus* T. et S.	(日)
7	アカハタ	*Epinephelus fasciatus* (F.)	(直)
8	キス	*Sillago sihama* (Forskal)	(直)
9	イシダイ	*Oplegnathus fasciatas* (T. et S.)	(日)
10	チダイ	*Evynnis japonicus* Tanaka	(直)
11	マダイ	*Pagrosomus maior* (T. et S.)	(日)
12	イサキ	*Parapristipoma trilineatum* (Thsnberg)	(日)
13	シマイサキ	*Therapon oxyvhynchus* (T. et S.)	(直)
14	コブダイ	*Semicossyphns reticulatus* (C. et V.)	(直)
15	ウマズラハギ	*Cantherinus modestus*, (G)	(直)
16	サバフグ	*Sphaeroides spadiceus*	(直)
17	シオサイフグ	*S. vermicularis* (T. et S.)	(直)
18	コモンフグ	*S. alboplumbeus* (R.)	(日)
19	メバル	*Sebastodes inermis* (C. et V.)	(日)
20	クロソイ	*Sebastichthys Schlegeli* (H.)	(直)
21	コチ	*Platycephalus indicus* (L.)	(直)
22	イネゴチ	*Cocius crocodilus* (T.)	(直)
23	ヒラメ	*Paralichthys Olivaceus* (T. et S.)	(直)
24	シマウシノシタ	*Zebrias zebrinus* (T. et S.)	(直)
25	クロウシノシタ	*Rhinoplagusia Japonica* (T. et S.)	(直)
26	ハナオコゼ	*Pterophryne histrlo* (L.)	(直)

(直)……直江津水族館(日)……日和山天然水族館

日和山天然水族館は，岩礁地帯に人工を加えて，4 個に区劃した水族館で，最も大きいプールの面積は約 83m³ 水深 1mに達するものである。ここでは魚種が少くタイ，ハマチ（ブリの仔で体長 30～40cm のもの）を含めて約 20 種を蓄養していたが，飼育池の大きいこと，塗料の光が弱い事の他に天然の発光生物が魚体に附着している事等があつたために総ての魚種について充分な観察をする事は出来なかつたがホンサバ，マアヂの外 7 種については相当詳細に観察することが出来た。

又清滝鮭鱒孵化場に於ては，新設の小型養魚池（長さ 5m，巾 1.5m，深さ 0.3m 水量毎秒 0.2～0.4 立）に飼育中の体長 20cm 内外のニヂマス *Salmo irideus* Gibbons 約 150 尾について昼夜の行動をつぶさに観察することが出来た。

観察結果

観察した結果を示すと第2表の如くである。本表に使用している静止，活潑，緩慢，活動回数やゝ多し，活動回数極めて僅少と云う用語は第1報と同様な基準に依つて用いた。すなわち静止＝運動を静止して砂上

岩上に静止していること。緩慢＝極めて緩慢に遊泳すること。活動回数やゝ多し＝通常静止しているが，約10分間の観察中数回場所をかえたり，遊泳すること。活動回数極めて僅少＝全然遊泳行動をしないか，極めて僅少の移動をすること。

Table. 2. Observations on activity in night-time.

行動 / 和名	昼間 静止することのないもの		昼間 静止することのあるもの 活動回数		夜間 静止することのないもの		夜間 静止することのあるもの 活動回数		備考
	活潑	緩慢	稍多し	極めて僅	稍多し	緩慢	稍多し	極めて僅	
1 ドチザメ	●				○				昼間より活潑
2 サカタザメ				●			○		
3 アカエビ				●			○		
4 ホシサバ	●					○			昼間群をなし、夜間は群を乱す
5 ブリ	●					○			
6 マアヂ	●					○			群をなす
7 アカハタ			●			○			昼間より群が密になる
8 キス			●						
9 イシダイ	●				○		○		
10 チダイ		●			○				
11 マダイ									
12 イサキ	●				○				夜間群を乱す
13 シマイサキ			●		○				
14 コブダイ		●						○	夜間全く活動なく休止す
15 ウマヅラハギ		●				○			
16 サバフグ		●				○			
17 シオサイフグ		●				○			
18 コモンフグ		●				○			
19 メバル			●				○		
20 クロソイ			●			○			
21 コチ				●			○		
22 イネゴチ				●			○		
23 ヒラメ				●			○		
24 シマウシノシタ				●			○		
25 クロウシノシタ				●			○		
26 ハナオコゼ				●			○		

日和山天然水族館にあつて魚種の餌料にはマイワシの塩漬にしたものを 3 cm 位の長さに切つたものを給与していたが，マダイは昼間に於ては如何に静かに投与しても直ちに摂食するものであるが，夜間に於ては如何に音を立てて投与しても決して摂食しなかつた。しかし，天然の状態では暗夜の延縄によつて漁獲されている。又ドチザメは夜間に於ても昼間同様よく摂食した。その他の魚類については，池の関係で夜間に於ける投餌の結果を充分観察することが出来なかつた。

清滝鮭鱒孵化場に於けるニヂマスの観察結果は，昼間に於ては主として注水口に近い部分（池の長さの大体2/3より注水口寄り）に遊泳し，然かも表面のみを極めて活潑に遊泳しているが，夜間に至ると排水口に近い部分に遊泳し，然かも表面から底近く迄に緩慢に遊泳している。つまり，排水口に押し流されぬ程度に水中に懸垂していると云う状態であつた。尚昼間は人影が池の水面に映じないように，注意深く静かに練餌又は蚕蛹を投餌しても直ちに群集して摂食するが，夜間に於ては計画的に魚の寸前に餌を投入しても又音をたて乍ら投餌しても，摂食せぬことを認めた。

考　　察

以上の観察を大別すると第1報で報告したように昼行性，夜行性，昼夜行性に分けられ，之等は更に次の如く細別されることを確認した。

Ⅰ. 昼行性　コブダイ，ニヂマス

Ⅱ. 夜行性　夜間極めて活潑で，昼間は不活潑の種。シマイサキ，昼間活動すること少なく，夜間は昼間より多少よく活動する程度の種。サカタザメ，アカエヒ，アカハタ，チダイ，クロソイ，コチ，イネゴチ，ヒラメ，シマウシノシタ，クロウシノシタ，ハナオコゼ。

Ⅲ. 昼夜行性　昼夜共に活潑に活動する種。ドチザメ，マアヂ，イサキ。

Ⅳ. 昼夜共緩慢に活動する種。キス，マダイ，ウマズラハギ，サバフグ，ショウサイフグ，コモンフグ。

Ⅴ. 昼夜共時々緩慢に活動する種。メバル。

以上のうち昼夜行性の魚種の夜間行動を更に索餌の目的のために活動するものと，そうでないものに区別して考察するとブリ，ホンサバ，マアヂ，ウマズラハギ，フグ類は索餌を目的とした行動ではなく，明らかに夜間活潑に活動しても夜行性の魚類の行動とは区別することが出来る。

又観察した魚種はニヂマスを除いては総て海産魚で特に普通に漁獲される魚であつたが，之等の内には昼行性の魚が極めて少く，夜行性の魚で昼間活動することが少なく，夜間は昼間より多少よく活動する程度のものが極めて多い。しかし，外洋性に近いサバ，ブリ等にあつては昼夜の区別はそれほど顕著ではないが，夜間においては昼間よりいく分活動が低下し，索餌行動をしないことを認めた。

次にニヂマスは観察した唯一の淡水魚で，然かも大量に観察することが出来たが，前述の如く，昼間と夜間の行動が判然と異つており，夜間は全く索餌行動でない特種の遊泳をしている。この夜間遊泳行動は睡眠様遊泳をしているものと見ることが出来る。

摘　　要

1. 夜光塗料による標識を20数種の魚類に結着して，夜間行動を観察し，昼間行動の観察と比較した。
2. この観察によつて第1報と同様に魚類の行動を昼行性，夜行性及び昼夜行性に大別することが出来た。
3. 魚類の夜間の活動は多くは索餌のためと思われる。
4. 沿岸棲の魚類は昼行性のものは少なく，夜間は昼間より多少よく活動する程度のものが多かつた。
5. ニヂマスは夜間睡眠様遊泳することを再び確認した。

桝網にはいる魚は嚢の位置·網の種類をどのように選擇するか—I.

カイズ·クロダイ

宮　本　秀　明
（東海区水産研究所）

How do Fish Select Positions of and Materials for the Bag When Entering into "Masu-Ami" ?—I. Experiments with the Black Porgy, *Sparus swinhonis* GÜNTHER

Hideaki MIYAMOTO

"Masu-ami" is a common type of trap nets for use in shallow water fisheries in Japan. The net is constructed with three main parts, a lead net, fence and bags, as shown in Fig. 1. In general practice three or more bags are placed at different position of the fence. Fishermen haul the bags once or twice a day to capture the fish which have entered in to them.

The purpose of the present study is to examine fishing efficiency of the bags which may vary depending upon their positions in the net and thread materials used for the bags. A factor as to whether or not the bags have been dressed with a dye may also have different effect upon the catch. For this reason series of experiments were carried out at two fishing grounds in Kanagawa Prefecture during the periods of May to December 1951, and March to November 1952, using from three to five bags per set for a test as shown in Figs. 3—5.

Each of the bags was made of different materials of thread such as nylon, vinylon and cotton which were either dyed or not dyed. From the results indicated in Tables 1—4 and Figs. 6—9, we may assert the following:

1. If all the bags of a net were made of the same kind of a thread material and a dressing dye, the catching ratio of each bag is nearly constant in accordance with their respective position in the net throught a period of the test.

The catching ratio by position may be summarized as follows:

i) The net at Ottomo, May 17 to December 27, 1951

Position of Bags	I	II	III	IV
Catching Ratio (S%)	11	39	39	11

ii) The net at Natsushima, June 9 to November 25, 1951

Position of Bags	I	II	III
Catching Ratio (S%)	14	31	55

iii) The net at Natsushima, March 9 to November 11, 1952

1953 年 5 月 29 日受理　東海区水産研究所業績 B 第 114 号（印刷費負担）

Position of Bags	I	II	IV	V
Catching Ratio (S%)	18	32	32	18

S % : Strength of selective action of the fish for a bag position calculated by dividing the catch of a bag at a position by the total catch of the net.

No bag used at the position III.

2. When the bags, each made of a different material and dressing, were used together in the same net, a nylon bag dyed in blue was found more efficient than any other bags. Both the bags of non-dyed nylon and of the one dyed with cutch followed the blue nylon bag in their efficiency. The bags made of either vinylon or cotton had good catch, too. However, when dyed with cutch, they were not so effective as the ones used without being dyed. The cotton bag dressed with coal tar had the poorest catch among them. This conlusion has been drawn on the basis of the following calculation and comparision.

Let S represent the strength of selective action of the fish for a position of a bag, and E the strength of selective action of the fish for a kind (thread material and dressing) of a bag. Then the strength of a bag at a position prepared in a certain kind may be expressed by SE. As the value of S corresponding to a bag at a position has been determined as above, the value of SE will be obtained from experiments (Figs. 8–9). Take the test 5 in Fig. 8 for example.

$$S_{I}E_{V}=14.3 \qquad S_{V}E_{V}=8.6$$

$$S_{I}=S_{V}=18 \quad \therefore \quad 18E_{V}+18E_{V}=14.3+8.6 \quad \therefore \quad E_{V}=0.64$$

$$S_{II}E_{A}=28.6 \qquad S_{IV}E_{A}=48.5$$

$$S_{II}=S_{IV}=32 \quad \therefore \quad 32E_{A}+32E_{A}=28.6+48.5 \quad \therefore \quad E_{A}=1.24$$

$$\text{Accordingly } E_{V}:E_{A}=0.64:1.24 \fallingdotseq 1:2$$

Here S_{I} to S_{V} denote the strength of selective action of a bag when placed at the positions I to V ; and E_{V}, E_{A} the selective strength of a bag made of vinylon or nylon respectively.

Table 6 and Fig. 10 show the value of E when the bags of various kinds were used together in a certain combination so as to see comparative efficiency of them.

緒　　言

桝網は瀬戸内海や三河湾・東京湾のような浅海に多数に敷設されている小規模な定置網の一種で，第1図に示すような構造をしており，垣網で誘導されて来た魚群は底の無い囲網の中にはいつて外海と遮断され，それから囲網の屈曲した角々に取付けられた円錐形の嚢網の中へ陥る。一個の桝網には三個以上普通数個の嚢網が取付けてあつて，毎日ほぼ時間を定めて此の嚢網の部分を引上げ，中にはいつている魚を取上げる。

此の様な構造をした網では，囲網に取付けた嚢網の位置によつて夫々の魚の配分量が異ることが考えられる。

即ち囲網の正面に位置する嚢或は左右にある嚢または嚢口を沖に向け嚢尻が陸岸の方に張られた嚢などでは夫々の嚢にはいる魚の入網回数なり入網尾数が魚種によつて異ることが想像され，それらの配分が判れば，囲網内での魚の移動経路或は逃路の方向に対する選択性の強弱のようなものも推定され，それを知る事によつて色々な種類の型の定置網の合理的な網型を決める研究の一助にもなるものと思われる。

また嚢網へはいる魚は嚢網の構造や大きさを一定にすれば，嚢網の明るさそのものが漁獲に相当な比重を以て影響すると云われ，実際には当業者も此の点に相当留意している。

桝網に限らず，一般に網漁具の網地の色彩・明暗と漁獲との間には微妙な関係があるが，従来の漁網は，

極く特殊なものを除いて，魚に対する網地の明暗色彩を懸念しながらもむしろ網地の防腐を第一義的に考慮して，防腐染料の持つ色そのまゝを許容せざるを得ない立場にある。然るに最近合成繊維製漁網が出現して漸く一般に普及せんとしつゝあり，上述のような不便は全く打破され，自由な染色が可能となつて来たので，魚の好む色彩・明暗と云うようなものがあるとすれば，漁網の夫々の任務に応じて最適な染色を行うことが漁撈上有利である事は論ずる迄もない。

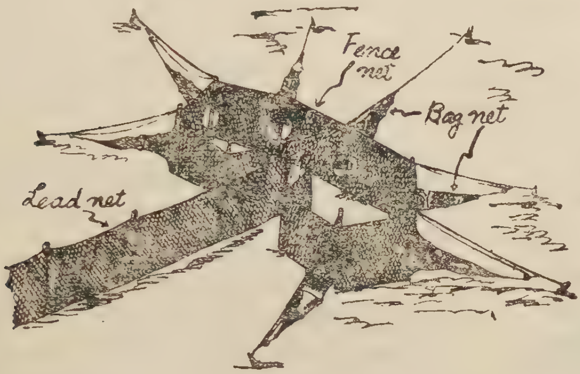


Fig. 1 "Masu-ami" a kind of Japanese trap net.

即ち本研究は以上の様な理由から，桝網へはいる魚が，囲網全体の大きさ及び型状との関係に於て嚢の位置をどのように選択するか，嚢網に使用した網地の材料や色彩の違いによつて魚の入網にどのような影響を与えるかを確める為に，実際漁場で実地網について試験したものである。

猶本実験は東海区水産研究所に於て実施計画中の処，水産研究会に於て合成繊維漁網耐用実地試験を行うに当り両者協同し，前者は上述の項目を後者は主として合成繊維の耐久試験を行つた。試験に必要な所要資材は之を両者から横浜市金沢区洲崎大橋信重氏に貸与試験せしめ，必要な資料は総て之を被貸与者にとらしめたものである。本試験に当り多大の御便宜を与えられた財団法人水産研究会々長村山敏三氏並びに大倉史郎氏及び資料整理に助力を得た塩田衛二君に感謝の意を表する次第である。



Fig. 2 Map of the fishing grounds where the "Masu-ami" were set
A, Ottomo, B; Natsushima, near Yokohama.

試験の概要

1. 試験漁場

試験漁場は第2図に示す様に乙艫と夏島の二ケ所である。乙艫漁場は乙艫海岸沖距岸約 500 m，水深 5 m 余，全体として大きい湾形をした乙艫海岸の一番奥の方に位置している。夏島漁場は湾の出口に近く位置し，鍵型になつた約 470 m の岸壁の略々中央から凡そ 50 m 離れて垣網を建て，それから 90 m の処に身網がある。身網の水深約 5 m，底質は砂。

2. 試験漁具の構造

1) 昭和 26 年乙艫漁場へ敷設した網

垣網は全長 90 m，マニラトワイン 1.3 匁，蛙又 2 寸目，カツチ染。袖網は 9 m，垣網の網地に同じい。但しコールタール染。

囲網は全周 78 m，綿糸 20 番手 15 本，蛙又 12 節，150 掛，縮結3割。カツチを重クロム酸カリで固定して染付けてある。アミラン網地の場合は 9 本9節 150 掛，ビニロン網地の場合は 12 本8節 100 掛，両者共に染色しない。

嚢網は長さ 6 m，個数4個，綿糸 20'S 18本9節，アミランは 12 本 10 節，ビニロンは 20'S 15 本 15 節，即ち各嚢網は綿糸・アミラン及びビニロンで夫々糸の太さ目合を幾分異にしているが余り大きい違いはない。

全体的な平面図を第3図に示す。此の囲網の網型は普通桝網業者が採用しているものとは違つている。

2) 昭和 26 年夏島漁場へ敷設した網

垣網の全長 90 m，使用網地は乙艫漁場のものと同じ，囲網は全周 36 m，綿糸 20'S 18本無結節 10 節，縮結3割コールタール染. 嚢網は長さ 6 m，個数4個，綿糸の嚢のみ 20'S 18 本無結節 10 節を使い，その他は総て乙艫漁場のものに同じい。嚢の寸法は夏島・乙艫両漁場ともに総て同一。夏島漁場の網の設計を第4図に示す。

3) 昭和 27 年乙艫及び夏島へ敷設した網

昭和 27 年に敷設した網は乙艫・夏島両漁場とも同一構造のものである（第5図)。即ち垣網・囲網及び嚢網は総て前年度のものを使用した。但し囲網の形状寸法は一般業者の使用する普通の型に属する。全周 60 m，嚢網は五個取付けられるようになつている。敷設漁場は両者共前年度と同じ位置である。

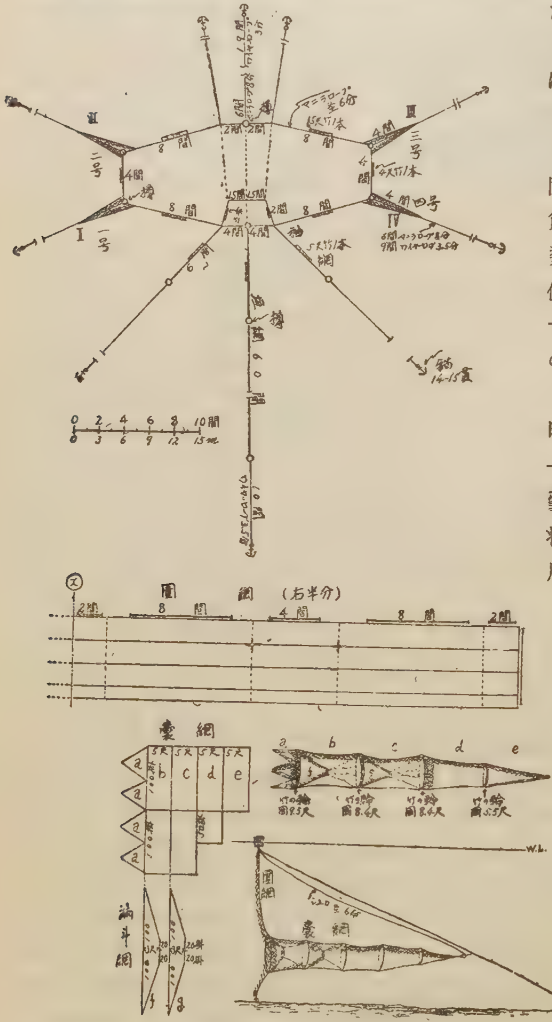


Fig. 3 Structure of the "masu-ami" used at Ottomo 1951. The bag-position Ⅰ to Ⅳ correspond to these in Table 1.

3. 試験方法及び試験期間

上述のような構造の桝網について，嚢網を綿糸素網・同カツチ染及びコールタール染にしたもの，ビニロン素網及び同カツチ染にしたもの，アミラン素網及び水色染並びにカツチ染にしたものの八種類用意し，之等八種類を色々に組合せて，各嚢へはいる魚の量がどう変化するかを，位置別・魚種別に調べた。

即ち揚網の度毎に，各嚢別に漁獲物の種類別数量（尾数及び重量)，各魚種別平均体重，天候気温水温などを測定記録した。

記録を採つた期間は次の通りであるが，

此の間網の修理・嚢網の組合せの変更その他で二，三日宛中断した以外は略々連続記録が行われた。

昭和 26 年度乙艫漁場　自 5 月 17 日至 12 月 27 日，同夏島漁場　自 6 月 9 日至 11 月 25 日
昭和 27 年度乙艫漁場　自 3 月 28 日至 11 月 11 日，同夏島漁場　自 3 月 9 日至 11 月 11 日

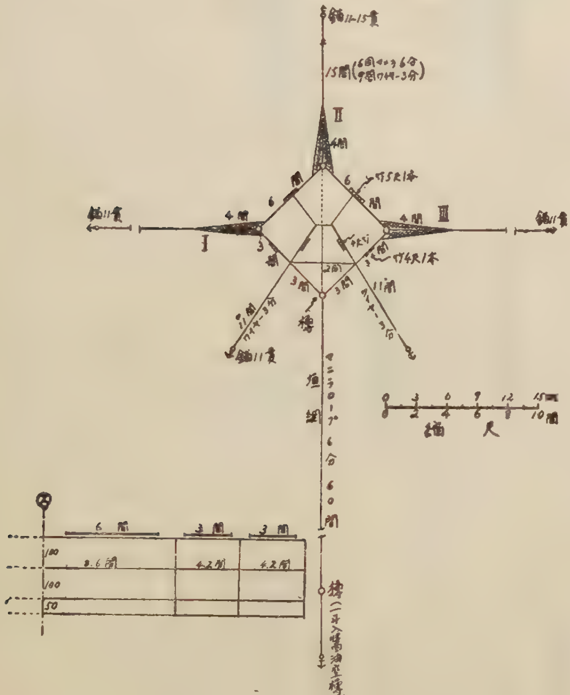


Fig. 4 Structure of the "masu-ami" used at Natsushima, 1951
The bag-positions I to III correspond to these in Table 2.

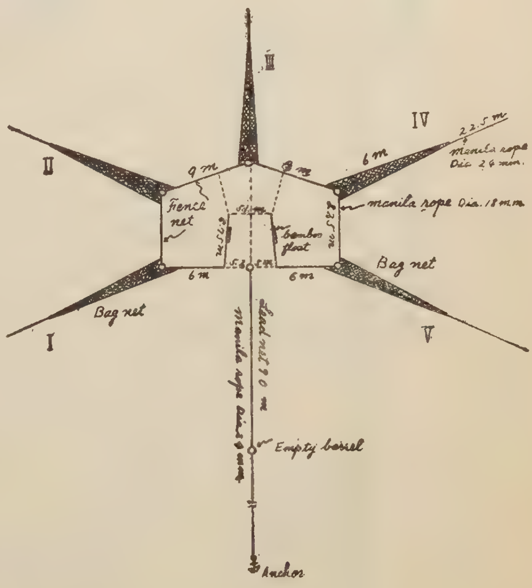


Fig. 5 Structure of the "masu-ami" used at Ottomo and Natsushima, 1952
The bag-positions I to V correspond to these in Tables 3 and 4.

試 験 結 果

漁獲された魚種は約 20 種類前後に及ぶが，此処では主要漁獲目的魚の一つであるカイズ・クロダイのみについて述べる。3 乃至 5 個の嚢網の位置別・材料別組合せの一系列毎に，各嚢にはいつたクロダイの総入網回数及び入網尾数を集計して第 1 ～第 4 表を得た。之等の表の数値を％で表示したものを第 6 ～第 9 図に示す。此処に総入網回数とは一系列の試験期間中に行われた揚網毎に漁獲のあつた回数を言う。集計に当つては朝持と夕持とを区別して取扱うべきであろうが，朝の揚網が日出後相当遅れている事や，夕持後猶明るい時間が相当にあつた事，一日に一回のみの揚網が多かつたことなどから，朝網と夕網とを分ける事なく一緒に取纏めた。

表及び図の結果から一此の様な試験では関与する条件や未知の要素が非常に多いため結果は非常にちらばるものと思われるがそれでも猶

1）全部の嚢を同一種類にした場合は，漁獲は嚢の位置によつて略々一定値にあると見られること。

2）異つた嚢を組合せた場合は，位置の選択性は破れ，嚢の種類によつて漁獲が大きく変動して来る事

Table 1. Number of catch of the Blak Porgy by kind and position of bag off Ottomo, 1951

嚢の位置 Position of the bag	I			II			III			IV			計 Total	
試験番号 Experiment	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.
1	V. C.	0	0	A	14	18	A	2	2	C. C.	0	0	16	20
2	A	3	3	C. C.	0	0	V	2	2	V. C.	0	0	5	5
3	C. T.	0	0	V. C.	0	0	C. C.	0	0	A	4	4	4	4
4	V	1	1	V	2	2	C. T.	1	2	A	7	11	11	16
5	A	2	2	C. T.	0	0	C. C.	0	0	C. T.	0	0	2	2
6	C. T.	0	0	C. T.	1	1	C. T.	5	7	A	11	20	17	28
7	V	6	9	V	13	37	V	10	34	V	9	15	38	95
8	C	8	28	C	11	72	C	11	57	C	11	37	41	194
9	A	2	14	A	13	41	A	19	68	A	4	11	38	134
10	C	3	3	C	9	30	V	12	29	V	1	2	25	64

See Fig. 3—1 for the positions of the bags I to IV.

Throughout the report, kinds of the bags (thread material and dressing) are designated by the following letters: A—nylon; V—vinylon; V. C.—Vinylon dyed by cutch; C—cotton; C. C—cotton dyed by cutch; C. T.—cotton dyed by coal tar, A. C—nylon dyed by cutch; A. B.—nylon dyed in blue, the last two appearing later.

N. C.: Number of haul contained the black porgy.

N. F.: Number of catch excluding other fishes than the black porgy.

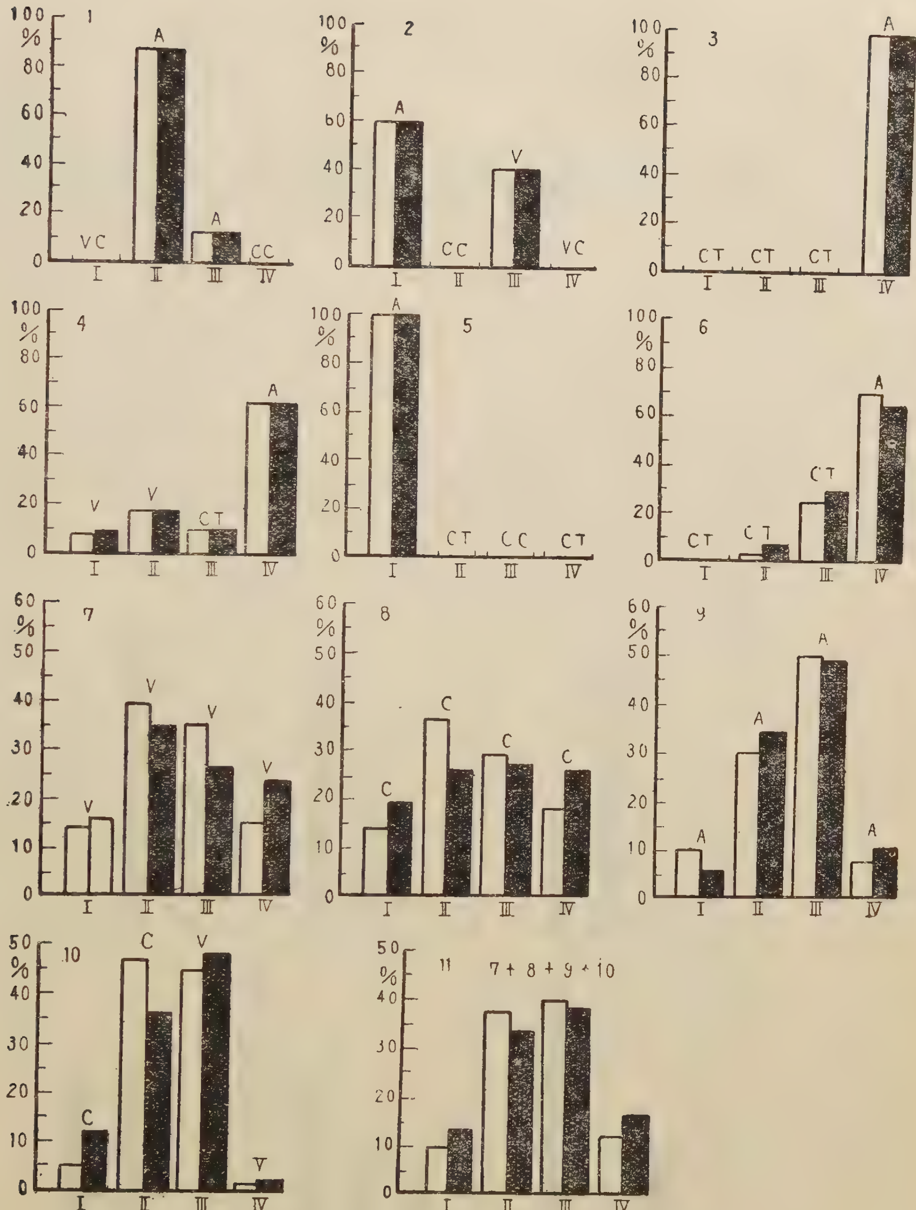


Fig. 6 Catching ratio of the Black Porgy by kind and posttion of Bag off Ottomo, 1951

Black colum : Percentage of haul contained the black porgy on the basis of the total numbre of hual

Open column : Percentage of catch of the black porgy on the basis of the total catch fish.

The same expressions are used in Figs. 7 to9.

See Fig. 3— I for the bag positions I to IV, and the footnote of Table 1 for the other notations.

Table 2. Number of catch of the Black Porgy by kind and position of bag off Natsushima, 1951

嚢の位置 Position of the Bag	I			II			III			計 Total	
試験番号 Experiment	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.	入網回数 N. C.	入網尾数 N. F.
1	V	1	1	A	6	11	C. C.	2	3	9	15
2	C. T.	0	0	C. T.	4	8	V	6	17	10	25
3	A	1	1	V	2	2	C. T.	0	0	3	3
4	C. T.	1	1	C. T.	0	0	A	2	2	3	3
5	V	4	6	V	5	13	V	8	23	17	42
6	V. C.	1	1	A	8	12	V	8	10	17	23

See Fig. 4 for the bag-positions I to III, and the footnote of Table 1 for other notations.

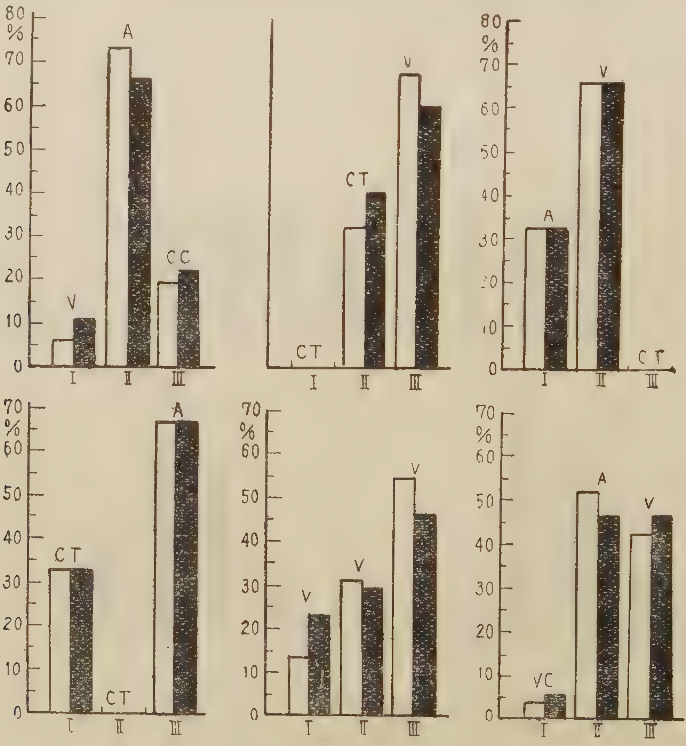


Fig. 7 Catcihng ratio of the Black Porgy by kind and position of bag off Natsushima, 1951

See Fig. 4 for the bag-positions I to III; and the footnote of Table 1 for the notations; and of Fig. 6 for the columns.

Table 3. Number of haul contained the Balck Porgy by kind and position of bag at two fishing grounds, 1952

a) Off Ottomo

嚢の位置 Position of the bag	I		II		III		IV		V		計 Total
試験番号 Experiment	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	
1	V	3	V. C.	13	—	—	V	18	V	2	36
2	C. C.	5	A	12	—	—	V. C.	11	C. C.	7	35
3	V. C.	15	V	26	—	—	A. B.	39	V	27	107
4	C. T.	2	V	9	—	—	C. T.	2	V	3	16
5	V	4	A	5	—	—	A	5	V	3	17
6	C. T.	6	V	24	V	21	C. T.	8	V	7	66
7	C. T.	2	V	3	V	3	C. T.	2	A	2	12
8	C. C.	2	A	3	V	3	C. T.	2	A	1	11
9	C. T.	6	A	21	V	17	C. T.	8	A	7	59

b) Off Natsushima

嚢の位置 Position of the bag	I		II		III		IV		V		計 Total
試験番号 Experiment	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	嚢 Bag	入網回数 N. C.	
1	A	19	A	40	—	—	A	31	A	24	114
2	C. C.	0	A	4	—	—	C. C.	3	C. C.	2	9
3	C. C.	3	A	8	—	—	A	6	A. B.	7	24
4	A. C.	2	A	3	—	—	A. C.	3	A	2	10
5	V	2	A	9	—	—	A	8	A	3	22
6	V	2	A	5	—	—	A. B.	6	V	3	16
7	C. T.	8	A	26	—	—	C. T.	17	V	11	62
8	C. T.	0	A	13	—	—	C. T.	5	A	11	29
9	A	11	C. T.	4	—	—	C. T.	1	A	1	17
10	C. T.	3	A	5	A	6	C. T.	4	A	3	21
11	A	2	C. T.	1	C. T.	3	A	2	C. T.	0	8

See Fig. 5 for the bag-positions I to V, and the footnote of Table 1 for the other notations.

Table 4. Number of catch of the Balck Porgy by kind and position of bag at two fishing grounds, 1952

a) Off Ottomo

嚢の位置 Position of the bag	I		II		III		IV		V		計
試験番号 Experiment	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	Total
1	V	6	V. C.	44	—	—	V	53	V	4	107
2	C. C.	9	A	101	—	—	V. C.	88	C. C.	23	221
3	V. C.	34	V	74	—	—	A. B.	128	V	69	305
4	C. T.	6	V	39	—	—	C. T.	8	V	10	63
5	V	5	A	10	—	—	A	17	V	3	35
6	C. T.	9	V	78	V	80	C. T.	18	V	18	203
7	C. T.	10	V	11	V	5	C. T.	9	A	3	38
8	C. C.	8	A	12	V	9	C. T.	4	A	4	37
9	C. T.	56	A	168	V	82	C. T.	31	A	25	362

b) Off Natsushima

嚢の位置 Position of the bag	I		II		III		IV		V		計
試験番号 Experiment	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	嚢 Bag	入網尾数 N. F.	Total
1	A	26	A	63	—	—	A	46	A	34	169
2	C. C.	0	A	6	—	—	C. C.	4	C. C.	7	17
3	C. C.	5	A	24	—	—	A	18	A. B.	26	73
4	A. C.	2	A	4	—	—	A. C.	5	A	3	14
5	V	2	A	11	—	—	A	14	A	5	32
6	V	2	A	8	—	—	A. B.	12	V	4	26
7	C. T.	9	A	61	—	—	C. T.	21	V	24	115
8	C. T.	0	A	23	—	—	C. T.	5	A	23	51
9	A	24	C. T.	7	—	—	C. T.	1	A	2	34
10	C. T.	5	A	20	A	29	C. T.	6	A	9	69
11	A	2	C. T.	1	C. T.	6	A	3	C. T.	0	12

See the footnote of Table 1 for the notations, and Fig. 5 for the bag positions I to V.

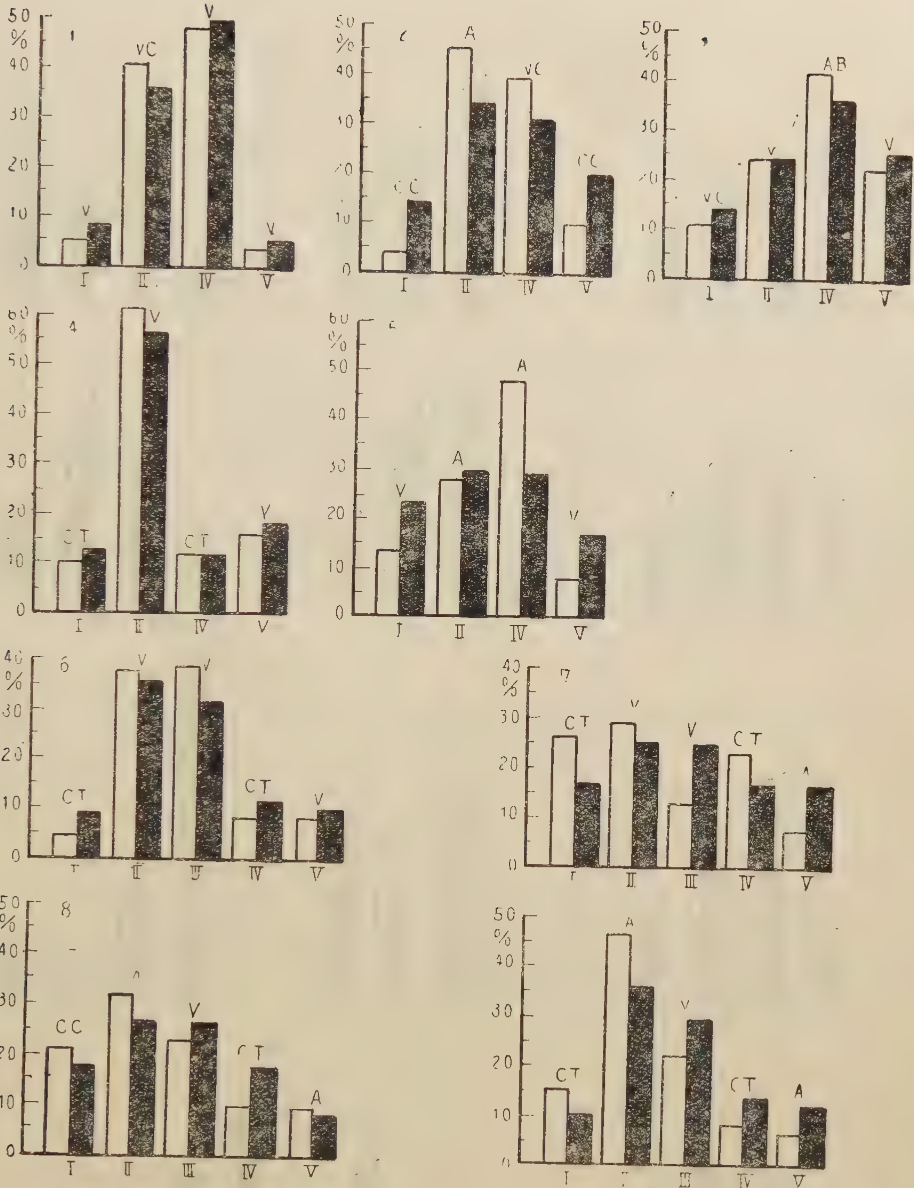


Fig. 8. Catching ratio of the Balck Porgy by kind and position of bag off Ottomo, 1952
See Fig. 5 for the bag-positions I to V ; the footnotes of Table 1 for the notations ; and of Fig. 6 for the columns.

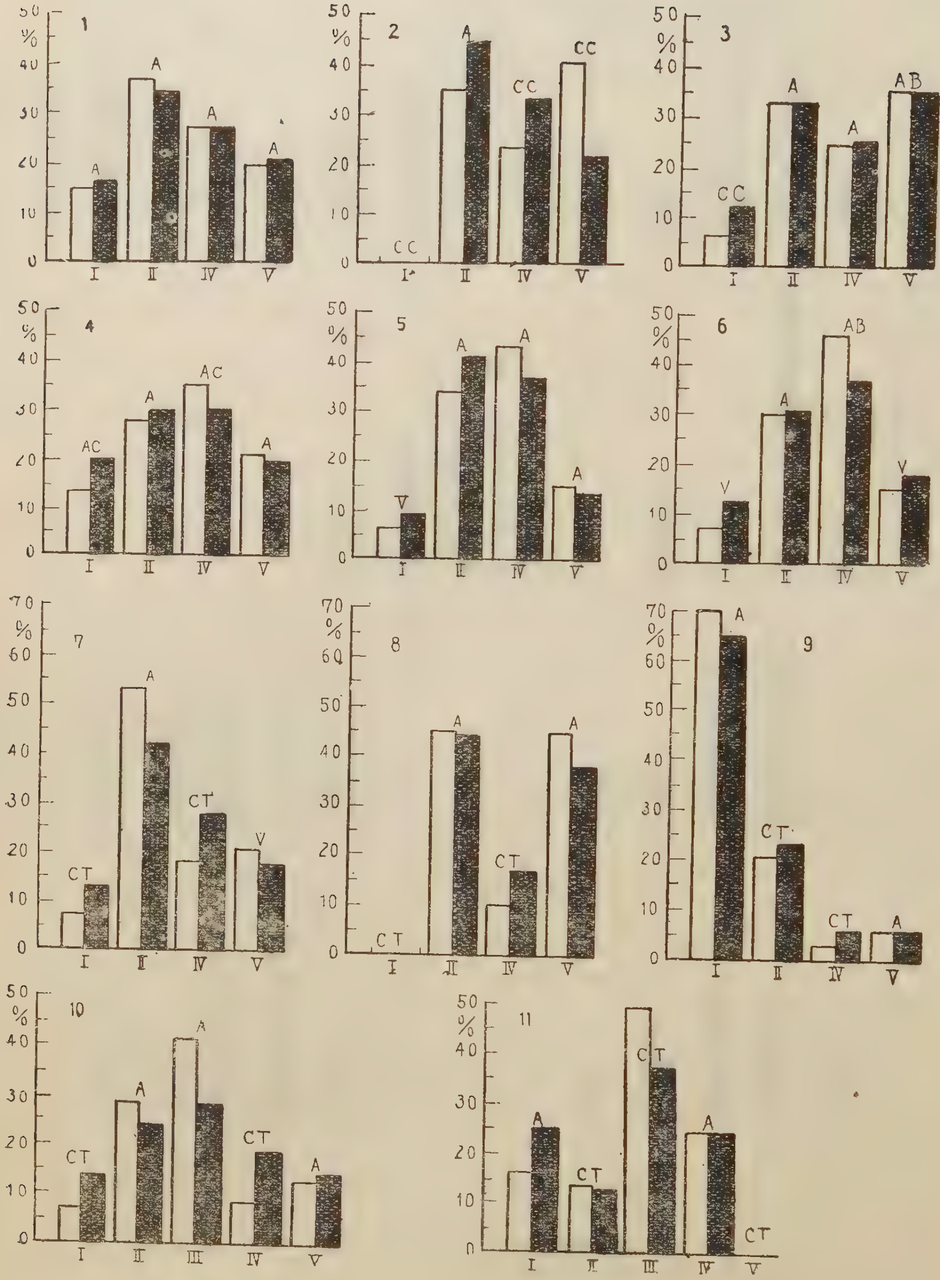


Fig. 9 Catching ratio of the Black Porgy by kind and position of bag off Natsushima, 1952
See Fig. 5 for the bag-positions I to V ; the footnotes of Table 1 for the notations ; and of Fig. 6 for the columns.

が判る。特に嚢の種類に対する選択性は想像以上に強烈であるのに驚く。

1. 位置の選択性

昭和 26 年乙艫漁場の場合　四個の嚢を総て同一種類にした組合せ（第6図 7, 8, 9）について見ると，地側の嚢（Ⅰ，Ⅳ）に少く沖側の嚢（Ⅱ，Ⅲ）に多くはいる。またビニロン無染網と綿糸無染網との間には入網に難易の差が無いように見える（第6図 10）ので，第6図 7, 8, 9 及び 10 の場合を平均した値を夫々の位置が持つ漁獲強度の重みと見做すと（第6図，11），それ等の値は

嚢の位置	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
入網回数（%）	13	33	38	16
入網尾数（%）	10	38	40	12

即ち沖側（Ⅱ，Ⅲ）は地側の嚢（Ⅰ，Ⅳ）よりも 3.5 倍も漁獲尾数が多いが，沖側同士或は地側同士では左右で見るべき違いが無い。

昭和 26 年夏島漁場の場合　三個の嚢を全部同じものにしたのは唯一例（第7図，5）であつたが，此の場合は向つて左の嚢（Ⅰ）に最も少く，中央（Ⅱ）に稍々多く，右（Ⅲ）に最も多かつた。

昭和 27 年夏島漁場の場合　四個の嚢を皆同じものにしたのは唯一例（真正面即ち Ⅲ の位置へは嚢を付けなかつた）にすぎなかつた（第9図の 1）が，此の場合は標本数を相当多く得られたので，此の結果が一応此の様な型の桝網に対するクロダイの位置に対する選択性を表わしているものと見るとその割合は

嚢の位置	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅴ
入網回数（%）	17	35	27	21
入網尾数（%）	16	37	27	20

此の網と昭和 26 年乙艫漁場の網とは型や大きさが違つている。従つて両者の間に起つた位置に対する選択性の違いが有意なものであるかどうかを x^2—test して第5表を得た。

結果によれば昭和 26 年乙艫に建てた型の網よりも 27 年夏島に建てた型の網が地側の嚢へ多くはいると云える。

Table 5. x^2 test between catches of black porgy at Ottomo 1951 and Natsushima 1952.

Number of hauling contained the black porgy.

嚢の位置 Position of the bag	入網回数 N_A	入網回数 N_B	x^2
Ⅰ	19	14.8	1.19
Ⅱ	40	37.6	0.15
Ⅳ	31	43.3	3.50
Ⅴ	24	18.3	1.90
Total	114	114	6.74

$N=3, \quad P \lessgtr \begin{matrix} 0.1 \\ 0.05 \end{matrix}$

N_A ; Natsushima in 1952.
N_B ; Ottomo in 1951

Number of the black porgy caught.

嚢の位置 Position of the bag	入網尾数 N_A	入網尾数 N_B	x^2
Ⅰ	26	16.9	4.90
Ⅱ	63	64.2	0.02
Ⅳ	46	67.6	6.92
Ⅴ	34	20.3	9.25
Total	169	169	21.09

$N=3, \quad P < 0.001$

N_A ; Natsushima in 1952
N_B ; Ottmo in 1951

2. 嚢の種類に対する選撰性

アミラン無染と同水色染の嚢に飛び放れて好くはいり，特に水色染が好い。アミラン無染と同カツチ染の嚢との間には優劣がないようである（第9図 4）。ビニロン無染と綿糸無染の嚢が之に次ぐ。ビニロン或は綿糸カツチ染の嚢では漁獲が落ち，綿糸コールタール染の嚢には非常にはいりが悪い。

今，位置に対する選択性の強さを S，嚢の種類に対する選択性の強さを E とし，S と E とは全く独立した値をとるものと仮定すると，ある位置に取付けられた或る嚢の漁獲強度は $S \cdot E$ で表わされる。

クロダイの場合各嚢への入網回数と入網尾数との比率は余り変りが無いので S の値を入網尾数の比率にとり，漁獲の多かつた昭和 27 年の乙艫及び夏島両漁場について，地側も沖側も左右では入網に差がないものとして夫々両者を平均して

嚢の位置	I	II	IV	V
S (%)	18	32	32	18

とする

第4表の嚢の位置 I 及び V の夫々の入網尾数を 32/18 倍して位置の影響を除き，同時に使用した異る二個の嚢網毎に夫々補正された入網尾数の集計を求めて両者の比を算出して此の値を両種の嚢の間の E の比とした。

E の値をアミラン水色染 E_{AB} アミラン無染 E_A，アミラン・カッチ染 E_{AC}，ビニロン無染 E_V，同カッチ染 E_{VC}，綿糸無染 E_C，同カッチ染 E_{CC}，同コールター染 E_{CT}，とし，嚢の各組合せ毎の E の比を計算して第6表を得た。

第6表から先づ使用回数・漁獲尾数の多かつたもの同士間の E の比をとつて，その比が2個以上の値のときは之を平均し，その値を順次他に置き代えて相手の比を定め，その比の値が2個以上あるときはそれを平均してまた次を決定し，このようにして E_{CT} の値を1としたときの他の嚢の E の値を求め第 10 図を得た。

図によればカッチ及びコールタール染には入りにくゝ，ビニロン無染の嚢には綿糸コールタール染の2倍以上，アミラン無染乃至水色染には3～4倍多くはいる。

以上の様に，桝網にはいるクロダイは嚢の種類を鋭敏に選択するが，それはおそらく嚢を構成する網地の色彩に因るのではなく，嚢の内部の明るさの違いに因るものと思われる。此の様に考えると，嚢の入口は丁度囲網の壁に窓が開いている様なものであるから，囲網そのものゝ明るさと嚢口の明るさとのコントラストが魚を嚢網へ誘い込む為の主要な因をなすものと判断される。

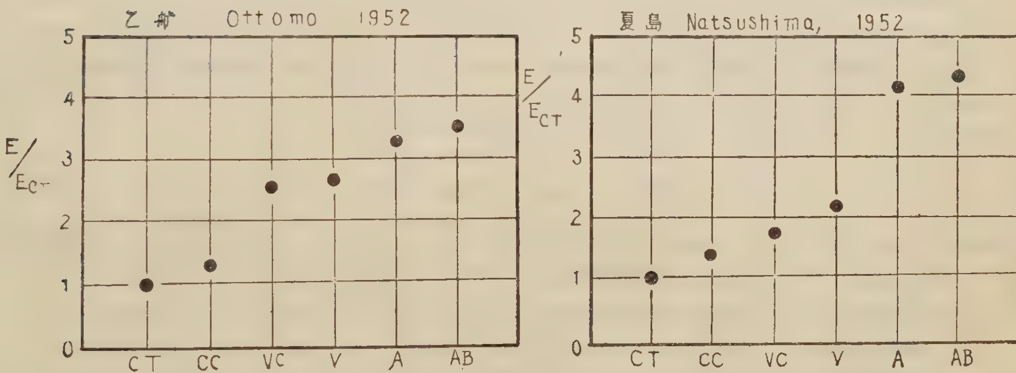
結　　論

1. 桝網にはいるクロダイは嚢の位置を相当選択し，沖側の嚢に多くはいり地側の嚢に少いが，それらの配分の割合は囲網の内部の広さや囲網の形状によつて異ると見られる。

2. 嚢を構成する網地，特に染料の色彩によつて入網は著しく異つて来る。アミラン水色染の嚢に最も好くはいり，アミラン無染またはカッチ染にも好くはいる。ビニロンまたは綿糸無染の嚢はアミランに劣り，之等をカッチ染にしたものは更に悪いようである。綿糸コールタール染の嚢には非常にはいりにくい。ビニロン無染の嚢は目合が他の嚢より小さかつたことに注意する必要があるように思われる。

Table 6. Value of E, selective strength of bags in various combinaiotn.

乙　　艫（27 年） Otomo, 1952	夏　　島（27 年） Natsushima, 1952
$E_{CT} : E_A = 1 : 1.5$	$E_{CT} : E_A = 1 : 4.5$
$E_{CT} : E_V = 1 : 2.7$	$E_{CT} : E_V = 1 : 2.3$
$E_V : E_A = 1 : 1.5$	$E_V : E_A = 1 : 1.7$
$E_V : E_{AB} = 1 : 1.3$	$E_V . E_{AB} = 1 : 2.2$
$E_{VC} : E_{AB} = 1 : 2.1$	$E_{VC} : E_{AB} = 1 : 2.1$
$E_{VC} : E_V = 1 : 1.1$	$E_{VC} . E_V = 1 . 10.5$
$E_{CC} : E_{VC} = 1 : 3.1$	$E_{VC} : E_A = 1 : 1.2$
$E_{VC} : E_A = 1 . 1.2$	$E_{CC} : E_A = 1 : 1.8$
$E_{CC} : E_A = 1 : 1.8$	$E_{CC} : E_{VC} = 1 : 3.1$



Fig, 10 Value of E

魚群擴散移動と漁獲変動との関係

黒 木 敏 郎
（鹿児島大学水産学部）

A Relation between the Fluctuations of Catches and the Diffusive Movements of Fish-schools

Toshirō KUROKI

As regards the flactuation of catches, there are few examples of the discussions about the causes of this fluctuation throngh the view of the diffusive movements of fish-schools, although many examples of the discussions about the statistic dealing of the fluctuable results.

The author attended to explain this fluctuation by means of the combination of the movements and tha appearances of fish schools.

In the result, it is said that soon after beginning of catch the maximum abundant one appears and then successively the gradually scarce ones continue till the last of one period of catching.

緒　言

漁獲量の変動についてはその結果を統計的に論じた例[1]が多いのに拘らず，その原因を魚群の移動から検討した例は少いようである。筆者は魚群の拡散移動を，時間的・空間的な観点より，その漁場への出現と結び合わせて，漁獲量変動の態様に一つの説明を試みた。

勿論，特殊な一例についての考察でもあり，魚群来と漁獲量とが一応平行性を持つものと仮定しても居るので，内容が粗硬であつたり実際にそぐわなかつたりする事は免れない。しかし，諸賢の御叱正を得て速かに本論の一般化を図りたく，ここに一報とする次第である。

基　礎　計　算

今，N_0 なる尾数の魚群来が，時間 $t=0$ の頃，重心を源点（Source）に置いて相当密集して在つたとする。海流その他の外的条件並に索餌などの内的要因によつて，B なる巾で第1図右方へ拡散し始め，魚群の拡散前線が $t=t_0$ の時刻に源より L だけ隔つた漁場へ侵入し始めるものと考える。拡散前線の右方への移動速度を v とすれば　$t_0=L/v$　となる。

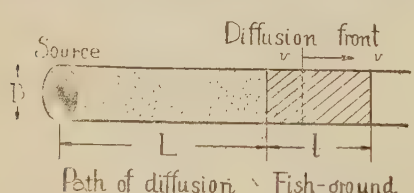


Fig. 1　Illustration of diffusive movement of fish-schools.

t_0 を時間経過の基準にとつて（即ち，源点を前線が離れてから t_0 だけ経つた時から時間をはかつて），漁場の長さ l をまだ通過し了わらない前の任意の時刻 t をとれば，この時に漁場内に含まれる魚の現在尾数 N は侵入面積が $B \cdot v \cdot t$ であり，密度が $N_0/B \cdot v \cdot (t_0+t)$ である事を考えに入れると，次式のように現わされ，時間と共に急増する傾向をもつ。

1953 年 3 月 30 日受理　（印刷費負担）

$$N=N_0\ \frac{B\cdot v\cdot t}{B\cdot v\cdot(t_0+t)}=\frac{N_0\cdot t}{(t_0+t)}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{①}$$

［但し　$t\leqq l/v$］

拡散前線が漁場の右端に到達するまでの時間 t_1 は左端侵入開始を基準として計れば $t_1=l/v$ であつて，この時に N は最大数 N_1 に達し次式で与えられる。

$$N_1=\frac{N_0\cdot t_1}{t_0+t_1}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{①}'$$

［但し，常識的に　$L\gg l$　即ち　$t_0\gg t_1$］

漁場内に入つた魚の尾数を t 時間に亘つて積算した総尾数を P_1 とすれば

$$P_1=\int N\cdot dt=N_0\int\frac{t}{t_0+t}\,dt=N_0\int\left(dt-\frac{t_0\cdot dt}{t_0+t}\right)$$

$t=0$（左端侵入時）で　$P_1=0$　なる初期条件を考えて上式を解けば

$$P_1=N_0\left\{t-t_0\cdot\log\left(1+\frac{t}{t_0}\right)\right\}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{②}$$

［但し　$0<t\leqq t_1$］

次に，拡散前線は漁場内（長さ l）を右方へ拡散移動し了わつて左端より漁場外へ逸出し始める。この時期から経過時間 t を算定し直おすものとして，時刻 t に於ける漁場内の存在尾数 N' を求めると，①式の場合と同様に考えて

$$N'=\frac{N_0\cdot B\cdot v\cdot t_1}{B\cdot v\cdot(t_0+t_1+t)}=\frac{N_0\cdot t_1}{(t_0+t_1+t)}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{③}$$

当然 ③ 式はで　$t=0$　で ①′ 式に一致して　$N'=N_1$　という最大値を示すものであり，時間 t が大となるに従い N' は減少するが，その減少率は時間と共に緩やかとなる。

t 時間中の積算総尾数 P_2 は P_1 と同様にして

$$P_2=\int N'\cdot dt=N_0\int\frac{t_1\cdot dt}{t_0+t_1+t}$$

$t=0$　で　$P_2=N_0\left\{t_1-t_0\cdot\log\left(1+\frac{t_1}{t_0}\right)\right\}$ なる初条件を入れてこれを解けば

$$P_2=N_0\cdot t_1\cdot\left\{1+\log\left(1+\frac{t}{t_0+t_1}\right)-\frac{t_0}{t_1}\log\left(1+\frac{t_1}{t_0}\right)\right\}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\text{④}$$

拡散移動魚群の侵入して来る漁場では，源点を魚群が離れてから（t_0+t_1）時間だけ経過した時刻に連結すべき二つの曲線 $N\cdot N'$ のつながりで以つて，毎日毎日の漁獲量の変化が現われる筈であり，又，同じく $P_1\cdot P_2$ の二曲線のつながりを以て総漁獲積算尾数が現わされるものと信ぜられる。

考　察　検　討

上式に基き　$L=l$ or $t_0=t_1$　なる場合について計算した曲線を第２図に掲げた。計算を簡単にするために $L=l$ なる条件をとつたのであるが，これは実際の漁場では殆ど起らない条件である。室内実験では後に述べるように水槽内でこの条件を採つたものが多い。

第２図の横軸には時間 t を t_1 単位で採り，縦軸には N と P が同時に画けるように N_0 を適当に選んで % を以て刻んである。

N 曲線より次の事を言い得よう。

「拡散移動中の魚群が漁場に現われ始めたら，初漁日から間もなく最大漁獲量日が現われ，それより次第に漁獲量は漸減して終漁日に至るであろう。」

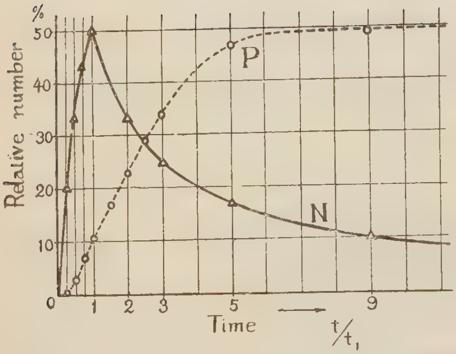


Fig. 2 Example of calculaton curves.

この事は魚の一群中の尾数について言われるのみでなく，各群よりなる大洄游群中の群数についても一漁期毎に言われるものである。但し，後者の場合僅かのズレで2群以上が重なつて現われる事も多いであろうし，漁場の漁獲効果も作用するであろうから，実際上の漁獲傾向はそれ程明確には以上の形を示さないかも知れない。盛漁期以後の減少の傾向を木村[2]は，駿河湾重寺漁場におけるメジの漁獲尾数（平年値 $\bar{n}$）について次の経験式を示した。

$$\bar{n}=A\cdot e^{-kt}$$

[A, k : const.]

t を日数とした時 $k\fallingdotseq0.013$/day と論じて居るのは興味深い。 $A=N_0$ として ③式より計算すれば

$$t_0+t_1=56.5\ \text{day}$$

となる。駿河湾漁場の深さ（長さ）$l=27$ miles として，$v=5$ mile/day とすれば $L=255$ miles, $v=10$ mile/day とすれば $L=540$ miles と計算される。漁期の約2ケ月前にメジはこの程度離れた地点に集結棲息していたのではないかと推察される訳である。

上式は，年間漁獲の9ケ年平均値 n の日変化について現わされたものであるが，某年某時期の小漁獲群についても第3図のような実例[2]を挙げることが出来る。これも駿河湾（西倉漁場）に於けるメジ1年魚の漁獲である。図より略算するに

$$t_0\fallingdotseq t_1\fallingdotseq1.1\sim2.0\ \text{day}$$

を得る。従つてこの曲線は，小群が御前崎附近から拡散移動して西倉漁場に達したものの形であると判断すべきではなかろうか。

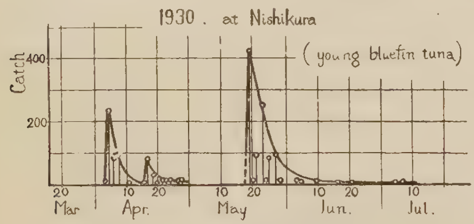


Fig. 3 Example of curves of catches

第2図 P の曲線については，実際的な漁獲曲線は全部大同小異でこの形をとり，$t/t_1=1$ の特異点（曲線の折れ目）を検出し得る程の精度の高い曲線を得ないので漁獲実績よりの検討を省略する。

生態学的な実験[3)4)]に於いては $L\fallingdotseq l$ に近い実験が行われる事が多い。得られる実験曲線が図のような計算曲線と比べて凸凹の甚しい結果を示すのは，実際の群衆体の拡散が gas の如き理想的な拡散運動を行うものではなくて，一つの mass として移動し空間的に漁場内でも甚しい濃淡の密度差を生じ勝ちなものである事を示唆するに他ならない。それにしても，現象の結果を判断するのに短時間では不可であつて，第2図によれば $t/t_1=7\sim9$ 程度の時間が経過した後の結果を論じなくてはならないことを知る。集魚燈や網口やスクリーンの実験で，例えば平静游泳速度 0.5 m/min の魚を長さ 1 m の水槽内で泳がせて実験する時には $t_1=$ 1m/0.5m/min. =2min，となるから $t=14\sim18$min. 以上でなければ安定した状況に立至つていないと見るべきであつて，実験効果の正しい判断はそれ以後の時刻での観察によつてはじめて得られるというべきであろう。

結　び

以上，簡単な計算から出発して，単純な実例値を掲げつつ所論を検討した。諸資料を引用させて頂いた木村博士並びに資源関係にも常に新しい示唆を与えて頂いた田内博士相川博士等の諸先生に対してここに深甚の謝意を表する次第である。

文　　献

1) 例えば　吉原友吉：日本水産学会誌，**18**，6.（1952）.
2) 木村喜之助：日本水産学会誌，**2**，4.（1933）.
3) 黒木敏郎他：日本水産学会誌，**18**，1.（1952）.
4) 川本信之他：三重大学水産学部紀要，**1**，2.（1952）.

An Application of Least Squares Method to Analysis of Size Compositions

Yoshio FUKUDA

(Inland Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Hiroshima, Japan)

Summary

This article presents a method of estimating mortality and growth parameters of a biological population through observed changes of the size composition, whether truncated or not. The principle is the least squares adjustment of data with estimation of parameters involved in the condition equations. A little complication comes out from the facts that the sample composition must be regarded as a vector variate, and that only some of the components are constrained to each condition equation. Though a little laborious in numerical calculation, it will especially meet such a situation where recruitment by growth is occurring and technically difficult for direct estimation. The number and combinations of the independently inferable parameters are considered, with which applicability is indicated to be generalized by adopting an appropriate division of size or time interval in advance. And a numerical example on a benthic larval population was discussed briefly for explanation and some interesting scopes of extrapolation are suggested.

Introduction

Almost completely covered by ordinary sampling schemes, the benthic population along the shore, less mobile or attached, does not seem to be so difficult as fish or plankton to estimate the standing crop and its change. However, as is the case with adults, we are obliged to face at a different situation when dealing with benthic larvae, for they pass their pelagic lives before setting on the ground and usually we cannot neglect possible recruitment from the pelagic population. In such cases we could start with estimation of the stock, but there seem to remain, other than sampling, some difficulties to be solved, that is, identification, counting, modes of precipitation and so on. Such a situation have we met in the course of study on seed collection of useful bivalves, where it is evident as well that we could not resort to the mere experiments without any population study in the fields.

This is a particular case to which we have intended to apply an arithmetic method of analysis presented below. It is always applicable to those cases where we could assure ourselves just in coverage of field surveys on successive occasions as well as representativeness of observed size compositions, whether truncated or not. And, if desired, differential estimation of mortality and growth parameters by size

Re eived March 30, 1953, (印刷費負担)

or/and period will be successfully designed. Somewhat laborious in computation, and consequcntly troublesome in appearance, as it is, it will often balance out technical complications otherwise required.

Outline of the Method

There are no particulars but some additional labors in calculation. In short, it is to adjust by least squares principle successive sample size compositions under some conditions, to which the parent ones should be constrained, and at the same time to estimate mortality and growth parameters involved in the condition equations [1].

1) **Estimation of Size Compositions** It goes without saying that nature of the problem makes it inevitable to adopt random sampling on successive occasions with sampling fraction as small as possible. Then every sampling unit …… quadrate for our case……will include individuals to be possibly grouped into different size classes, that is to say, errors of class estimates within each sample composition would be no more independent each other. Consequently their covariances conld not be neglected, while we might assume to be zero covariances between sample composistion on different occasions. Additional labors in calculation come out really from these circumstances.

Now it is convenient to deal with a sample size composition on the occasion t as an k-dimensional vector variate, denoted by X_t, where k is the number of size classes. And the problem is to adjust sample compositions so as to minimize [2]

$$S=\sum_t(\overline{\mathbf{X}_t-\mathbf{m}_t})W_t(\mathbf{X}_t-\mathbf{m}_t),$$

where $\mathbf{m}_t$ is the parent composition vector corresponding to $\mathbf{X}_t$, $\mathbf{W}_t$ is the weight matrix proportional to the inverse of the parent dispersion matrix, and throughout this paper the transposed of a matrix will be denoted by a bar on the letter.

2) **Condition Equations** Let us consider a simplified case, where a biological population is decreasing with a constant rate of mortality A and growing with a constant rate of growth B. Then the time-variation of the $(i+1)$ th class value, $\Delta_t m_{t,i+1}$ is composed of three parts; $Am_{t,i+1}$ will die and $Bm_{t,i+1}$ grows up into the (i+2)th size class, and at the same time $Bm_{t,i}$ is recruited by growth from the i-th class. That is,

$$\Delta_t m_{t,i+1}=-(A+B)m_{t,i+1}+Bm_{t,i}$$

After integration from t to t+1, replacing integrals by the trapezoid formula,

$$(1)\qquad F_t^i\equiv m_{t+1,i+1}-m_{t,i+1}+(A+B)d_t(m_{t+1,i+1}+m_{t,i+1})-Bd_t(m_{t+1,i}+m_{t,i})\equiv 0,$$

where d_t is half the time interval from t to $t+1$. This is one of the condition equation, to which the parent class values, $m_{t,i}$, $m_{t,i+1}$, $m_{t+1,i}$. $m_{t+1,i+1}$ must be constrained, so that the $(s-1)(k-1)$ condition equations will hold, when the size com-

positions are obtained on s successive occasions.

For linearization, neglecting terms of higher orders in the Taylor's expansion, we get the so-called reduced conditions as follows;

(2) $\mathbf{F}^t{}_{mt}\mathbf{x}_t+\mathbf{F}^t{}_{mt+1}\mathbf{x}_{t+1}+\mathbf{F}^t{}_A\mathbf{e}_A+\mathbf{F}^t{}_B\mathbf{e}_B=\mathbf{F}^t{}_O(\mathbf{X}_t,\mathbf{X}_{t+1},\mathbf{a},\mathbf{b})$,

where $\mathbf{m}_t=\mathbf{X}_t-\mathbf{x}_t$, $A=a-\mathbf{e}_A$, $B=b-\mathbf{e}_B$, and $\mathbf{F}^t{}_{m_t}$, $\mathbf{F}^t{}_{m_{t+1}}$, $\mathbf{F}^t{}_A$ and $\mathbf{F}^t{}_B$ are matrices made up of partial derivatives of $\mathbf{F}^t$ with respect to $\mathbf{m}_t$, $\mathbf{m}_{t+1}$, A, and B, that is,

$$\mathbf{F}^t{}_{mt}(k-1,k)\equiv\begin{pmatrix} -B & -1+A+B & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -B & -1+A+B & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -B & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -1+A+B & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -B & (-1+A+B) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{F}^t{}_{mt+1}(k-1,k)\equiv\begin{pmatrix} -B & 1+A+B & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -B & 1+A+B & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -B & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1+A+B & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -B & (1+A+B) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{F}^t{}_A(k,1)\equiv\begin{pmatrix} m_{t,2}+m_{t+1,2} \\ m_{t,3}+m_{t+1,3} \\ \cdots \\ \cdots \\ m_{t,k}+m_{t+1,k} \end{pmatrix},\quad \mathbf{F}^t{}_B(k,1)\equiv\begin{pmatrix} m_{t,2}+m_{t+1,2}-m_{t,1}-m_{t+1,1} \\ m_{t,3}+m_{t+1,1}-m_{t,2}-m_{t+1,2} \\ \cdots \\ \cdots \\ (m_{t,k}+m_{t+1,k}-m_{t,k-1}-m_{t+1,k-1}) \end{pmatrix},$$

where the time factor is dropped, which will result in no confusion, though the parameters turn out to have a little different meanings, and read for the bracketed terms respctively $-1+A$, $1+A$, and $-m_{t,k-1}-m_{t+1,k-1}$ when all the largers than the k-th size class are pooled there.

3) **Arithmetic** For convenience of numerical calculation, procedures will be sketched here. Simply, assume sample size compositions on two successive occasions ($t=1,2$) to be at hand. Then simultaneous equations to be solved are, together with the condition equations (2) above introduced,

(3) $W_1\mathbf{x}_1-\bar{\mathbf{F}}_{m_1}\mathbf{h}=0 \quad W_2\mathbf{x}_2-\bar{\mathbf{F}}_{m_2}\mathbf{h}=0,$

(4) $\mathbf{F}_A\mathbf{h}=0 \quad \bar{\mathbf{F}}_B\mathbf{h}=0,$

where $\mathbf{h}$ is a $(k-1)$ dimensional column vector of Lagrange's multipliers.

Solving (3) by $\mathbf{x}_t$ and inserting them into (2), we get

(5) $\mathbf{L}\mathbf{h}+\mathbf{F}_A\mathbf{e}_A+\mathbf{F}_B\mathbf{e}_B=\mathbf{F}_O,$

where $\mathbf{L}=\mathbf{F}_{m_1}\mathbf{W}_1^{-1}\bar{\mathbf{F}}_{m_1}+\mathbf{F}_{m_2}\mathbf{W}_2^{-1}\bar{\mathbf{F}}_{m_2}$, a symmetric matrix and it is evident that these equations, together with equations (4), form the general normal equations. Then

the normal equations for parameters are

$$(6)\qquad \bar{\mathbf{F}}_A\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_A\mathbf{e}_A+\bar{\mathbf{F}}_A\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_B\mathbf{e}_B=\bar{\mathbf{F}}_A\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_O$$
$$\bar{\mathbf{F}}_B\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_A\mathbf{e}_A+\bar{\mathbf{F}}_B\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_B\mathbf{e}_B=\bar{\mathbf{F}}_B\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_O.$$

Solving (6) we will get $\mathbf{e}_A$, $\mathbf{e}_B$, and then $\mathbf{h}$, $\mathbf{x}_1$, $\mathbf{x}_2$ in the following way,

$$\mathbf{h}=\mathbf{L}^{-1}(\mathbf{F}_O-\mathbf{F}_A\mathbf{e}_A-\mathbf{F}_B\mathbf{e}_B)$$
$$(7)\qquad \mathbf{x}_1=W_1^{-1}\bar{\mathbf{F}}_{m_1}\mathbf{h}$$
$$\mathbf{x}_2=W_2^{-1}\bar{\mathbf{F}}_{m_2}\mathbf{h}.$$

Moreover, the minimized S is evaluated as follows;

$$(8)\qquad \text{Min S}=\sum_1^2\bar{\mathbf{x}}_tW_t\mathbf{x}_t$$
$$=\bar{\mathbf{h}}\mathbf{F}_O$$
$$=\bar{\mathbf{F}}_O\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_O-\bar{\mathbf{F}}_O\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_A\mathbf{e}_A-\bar{\mathbf{F}}_O\mathbf{L}^{-1}\mathbf{F}_B\mathbf{e}_B.$$

Accordingly, we can evaluate Min S even without obtaining $\mathbf{h}$, but it will be desirable for us to solve out to residuals of size compositions for further discussion.

Now we have the adjusted size compositions and the estimated rates of mortality and growth at hand,

$$\widehat{\mathbf{m}}_t=\mathbf{X}_t-\mathbf{x}_t\quad (t=1,\ 2)$$
$$\widehat{A}=a-e_A$$
$$\widehat{B}=b-e_B.$$

The standard errors of these estimates will have been obtained in the course of calculation, as explained in the next paragraph.

4) **Nature of Solution** Approximately as usually adopted, we will start numerical computation by substituting sample and some guessed values into $\mathbf{F}_A$, $\mathbf{F}_B$, and $\mathbf{F}_{m_t}$, with the consequent problem of convergence untouched. Then the basic model in the statistical sense is specified by

$$\varepsilon(\boldsymbol{X}_t-\mathbf{m}_t)=\varepsilon(\mathbf{E}_t)=0$$
$$\varepsilon(\mathbf{E}_t\bar{\mathbf{E}}_s)=\mathbf{w}_t^{-1}\sigma^2\quad (t=s)$$
$$=0\qquad (t\neq s),$$

and for the present we can assume constant errors of the guessed values for parameters,

$$E_A=a-A,\ \text{and}\ E_B=b-B.$$

Then the expectation of

$$\mathbf{F}_O\doteqdot\mathbf{F}_{m_1}\mathbf{E}_1+\mathbf{F}_{m_2}\mathbf{E}_2+\mathbf{F}_AE_A+\mathbf{F}_BE_B$$

is $F_AE_A+\mathbf{F}_BE_B$ and the parent dispersion matrix of $\mathbf{F}_O$ becomes $\mathbf{L}$, where $\mathbf{L}$ is the same as already obtained in the course of calculation.

Denoting the inverse of the coefficient matrix of equations (6) by $\mathbf{C}(\mathbf{c}_{ij})$,

$$\mathbf{e}_A=(c_{AA}\bar{\mathbf{F}}_A\mathbf{L}^{-1}+c_{AB}\bar{F}_B\mathbf{L}^{-1})\mathbf{F}_O$$
$$=(c_{AA}\bar{\mathbf{F}}_A\mathbf{L}^{-1}+c_{AB}\bar{\mathbf{F}}_B\mathbf{L}^{-1})(\mathbf{F}_{m_1}\mathbf{E}_1+\mathbf{F}_{m_2}\mathbf{E}_2)+E_A.$$

Then the adjusted estimate $\widehat{A}$ is expressed as

$$\begin{aligned}\widehat{A} &= a-\mathbf{e}_A = A+E_A-\mathbf{e}_A \\ &= A-(c_{AA}\mathbf{F}_A\mathbf{L}^{-1}+c_{AB}\mathbf{F}_B\mathbf{L}^{-1})(\mathbf{F}_{m_1}\mathbf{E}_1+\mathbf{F}_{m_2}\mathbf{E}_2),\end{aligned}$$

the expectation of which is therefore A and similarly $\varepsilon(\widehat{B})=B$. In this sense, that is, with possible problem of convergence set aside, the guesswork at the start has nothing to do with the unbiassed character of the adjusted estimates. The dispersion matrix of them is given by $\mathbf{C}$, where $\mathbf{C}$, as denoted above, is already obtained in the course of solution.

In addition, the expectation of Min S turns out to be

$$\begin{aligned}\text{Min } S &= (2k-2)\sigma^2 \\ &= (sk-p)\sigma^2,\end{aligned}$$

in general, where p is the number of parameters estimated. It is easily understood that this relation will give us the so-called external estimate of σ^2. Exact test of goodness of fit needs an explicit form of probability distribution to be introduced, while an approximate inference could be made by comparison of this estimate with the internal one.

How many parameters to be possibly estimated

So far, we have assumed a biological population with constant rates of mortality and growth. In practice, however, there will often arise such cases where parameters are suspected to change by size or/and by period. The procedure of solution is easily extended to those cases, but we cannot estimate all parameters to be possibly involved in the condition equations.

The number of parameters, independently inferable, is determined by the solvability condition of the general normal equations. The necessary and satisfactory condition for presence of a unique solution is that the determinant of their coefficients is not zero. From this condition it follows at once that we can independently estimate at most no more than $(s-1)(k-1)$ parameters, though possibly involved in the condition equations are totally $2(s-1)(k-1)$ when all the largers are pooled in the largest size class, or $(s-1)(2k-1)$ when they are truncated, because the rank of the submatrix $\mathbf{L}$ is at most $(s-1)(k-1)$. Moreover, it does not imply whatever combination of $(s-1)(k-1)$ parameters, if desired, is under our choice. For, in that case, where $(\mathbf{F}_A, \mathbf{F}_B)$ turns out to be a quadratic matrix, an additional condition must be satisfied that the determinant $|\mathbf{F}_A, \mathbf{F}_B| \neq 0$. In the same manner, when the number p of parameters chosen is less than $(s-1)(k-1)$, a condition must hold, that is, the rank of $(\mathbf{F}_A, \mathbf{F}_B)$ has to be equal to p. Reversely speaking, these conditions are nothing but that we must introduce some more assumptions about possibly involved parameters, that is, in other words, that our choice

of the biological structure to be fitted is restricted. It is true, but these circumstances imply the least limitation in the applicability of this method, because those difficulties would be successfully overcome in advance by adopting an appropriate division of size or time intervals at which the parameters to be assumed constant.

Some more definitely, let us begin with the two-successive-sample case. Remembering that we have in any case to determine one mortality and one growth parameters, it is evident that we require at least three size classes for application of this method. With one more size class added, the parameters possibly involved in the conditions increase by two, one mortality and one growth, while the independently inferable do just by one. To estimate three parameters, there must be four or more size classes present, when no cares are required for their combinations. In the case of four parameters, with five or more size divisions necessary, any other combinations will be under our choice but some of the ones of two mortality and two growth. The unfavorable ones involve, as different from the other correspondings, the growth parameter of the second, or, in the truncated case only, the mortality and growth parameters of the largest size class. Five parameters, independently inferable, which require six or more size classes present, will show another feature. Then we could choose any combination of one mortality and four growth, or vice versa. However, of others, that is, two mortality and three growth or vice versa, those partly including one or both of unfavorable combinations in the four-parameter case are impossible. Moreover, out of our choice are, among combinations of three mortality and two growth, those which involve the mortality parameters of the successive two size classes and the growth one of the smaller, as different from the others. In this way we could do enumeration of favorable or unfavorable combinations, following to the above conditions, without much difficulty, and case by case in practice, though the more the independently inferable, the more complicated it may be.

Next, a word to the three-successive-sample case. It is easily to be understood that we can estimate as different by period all parameters involved in the favorable combination of the two-successive-sample case. And in this case, it is evident as well, two size classes are sufficient to determine one mortality and one growth parameters. This fact implies that the unfavorable circumstances in the former case could be removed by assuming the parameters constant over both period. Otherwise, that is to say, when the parameter combination of at least either period is unfavorable, we cannot solve the problem.

Another point to be considered along this line is what formula we had better use in replacing integrals in the conditions, though we have adopted above the trapezoid one. Simpson's formula, for example, will surely improve condition equa-

tions in accuracy, while it is to be taken into account that we are obliged in return to presume parameters to be constant over the longer period. How much it pays us will depend, of course, upon situations and our experiences.

Numerical Example

This is a part of the field survey on **Venerupis** around the end of Hiroshima Bay at the mouth of the river Yahata, carried out by the Hiroshima Experimental Fisheries Station. The survey repeatedly covered the seven plots (each about 340 square meters in area) on five successive occasions during May to July 1952. Here will we refer only to the results of the plot A on two successive occasions, 6 th and 24 th June.

They used the 5×5 cm² quadrate (5 cm deep) as sampling unit and 34 units per plot, with sampling fraction of about 1/4,000, were drawn at random on each occasion. Total fraction through the period is still so small that we could neglect the finite correction for the variance estimates. Bottom samples were filtered by five different meshes, the sizes of which are 1, 2, 3, 4, and 5 mm, and Venerupis larvae were counted size by size. It is evident that all the largers than 5 mm size class are naturally pooled there.

Equal sampling fraction allows us to adopt sample totals as the estimated size compositions. The sample dispersion matrix is given by $nD/(n-1)$, where n is the size of sample and **D** is composed of sample sums of squares and products (Table 1). Take the weight inverse to this matrix. Then we could do without inversion of it, because it is the inverse of the weight matrix that is necessary in computation. In addition, we must make some guess of parameters. We will take $a=0.10$ and $b=0.60$ in this example. The closer to the true values we could guess them, the more we would gain from a view-point of convergence. Otherwise they might result in the more cycles of operations to be continued for better estimation. Necessary matrices written out before, will be easily made up of these guessed values and sample compositions.

Table 1. Materials from the Survey

Class Orders	Sample Size Composition	Matrix* of Sample Sums of Squares and Products				
6 th June						
1	534	6712.91	7741.27	1172.27	116.91	47.91
2	1291		17663.52	2736.18	250.94	82.94
3	609			3099.18	329.27	—12.73
4	116				142.24	— 6.76
5	17					14.24

24th June						
1	17	22.94	85.64	225.18	43.73	5.12
2	486		3230.55	2396.73	459.91	—94.18
3	1176			10081.64	983.55	349.09
4	282				772.18	47.36
5	91					122.06

* Symmetric to the diagonal. so the elements below are omitted.

Now, we are ready to run a computional machinery. Complicated as in appearance, it will be almost automatically operated, following to the procedures above outlined. After some multiplications, additions, and reversions repeated back and forth, with a cycle of operations completed, we have a solution at hand. The adjusted estimates of parameters, together with minimized S, are shown in the second column of Table 2.

Some Discussions

In this example, we have started out with $\sigma^2=n/(n-1)$, as internal estimate, while the external estimate, to be noted, has come out to be about five times larger. Distribution-freely proceeding, we know no exact level by which to test significance of this ratio, but it appears to be a little high. In other words, goodness of fit is just to be doubted of the assumed biological model. Before examination of it, however, there is another possibility present to be considered. It is evidently related to the guessworks at the start, and, really for this example, they are largely adjusted, an indication that they might have been inadequate. To throw light on this point, the results of successive cycles of calculations are presented in Table 2. Their convergence will depend upon our guesswork, it is true, but the adjusted

Table 2. Results of Successive Cycles of Calculations

	Guessed Values	First Cycle	Second Cycle	Third Cycle	Fourth Cycle
Parameters					
Mortality	0.10	0.200	0.169	0.149	0.129
S.E.		0.057	0.056	0.056	0.057
Growth	0.60	0.293	0.232	0.205	0.196
S.E.		0.031	0.024	0.022	0.022
Minimized S	—	39.834	47.360	63.324	65.267

estimates seem, after a few cycles, to converge within orders of the estimated standard errors. Sucecssfully their convergence might happen to result in reduction of the external estimate of σ^2. Otherwise, as in Table 2, where significance turns out to be more assuring, we must take a step farther to inspect the biological model to be presumed. Then residuals of condition equations will give us some clues to find out where and how the alternative should be improved. In this example,

after the third cycle, they are in order as follows,

$$-288.2;\ 834.8;\ -59.5;\ 8.4.$$

The first two, related to the first three size classes, are conspicuous in discrepancy and, to be noted here, their absolute magnitudes vary inversely to each other, as parameters decrease. Therefore it may be better to assume different parameters between the first two and the other size classes.

Table 3 sums up the results of three trials, continued from the above third cycle, that is, with uniform mortality of 0.149 and growth of 0.205 at the start. There it is observed, first of all, that either alternatives are expected to improve

Table 3 Summary of Three Alternatives

Model 1 Two Mortality and One Growth Parameters
Mortality for the smaller 0.395 Growth 0.076
〃 for the larger —0.275
Residuals of Conditions —9.9 ; 76.7 ; —38.9 ; 14.1

Model 2 One Mortality and Two Growth Parameters
Mortality 0.058 Growth for the smaller 0.469
〃 for the larger 0.158
Residuals of Conditions —126.9 ; 119.1 ; —30.0 ; —56.6

Model 3 Two Mortality and Two Growth Parameters
Mortality 0.295 Growth 0.208 for the smaller
〃 —0.188 〃 0.096 for the larger
Residuals of Conditions —25.8 ; 33.3 ; —42.0 ; 15.5

goodness of fit. And at the same time it is to be noted that Model 1 and 3 will give us a negative rate of mortality for the larger size interval. Generally speaking, negative mortality indicates presence of recruitment of different feature from the one by growth. This is the case or not, with our example, is of course out of the statistical problem, and we must remember, reversely, too, that it is another problem that the statistically fitted model is biologically approved or not. With our case,

Table 4. Summary of Completed Analysis for Model 2, with One Mortality and Two Growth parameters

Size Composition

Date	Class Order	1	2	3	4	5
6 th June	Observed	534	1294	609	116	17
	Adjusted	533	1286	591	113	18
24 th June	Observed	17	486	1176	282	91
	Adjusted	18	505	1145	310	81

Parameters

Mortality throughout constant 0.064
Growth for class 1 and 2 0.542
Growth for class 3, 4 and 5 0.163
Minimized S 2.2055

Dispersion Matrix*

$$10^{-3}\times\begin{pmatrix} 3.3525 & 0.6937 & 0.7207 \\ & 1.6629 & 0.4270 \\ & & 0.4359 \end{pmatrix}$$

* Because of symmetry, the elemets below the diagonal are omitted. And the internal estimate of σ^2 is replaced approximately by 1.

such a recruitment seems to be possibly improbable, though it is to be discussed in details from various points of view. And, for the present, we will adopt Model 2. Then, another cycle of operations leads us to the solution, shown in Table 4. It shows that the external estimate is significantly reduced. And it is easily understood that possible improvement is statistically tested by comparison of minimized S's equivalently to the principle of analysis of variance. In this way it is undoubtedly evident that the observed change of the size composition, apparently simple as it is, is really not so straight-forward, and a critical change of parameters takes place around 3 mm.

Three Extrapolations

Extrapolations, always in danger of erroneous inference, may not be so desirable. However, we are here interested in the three aspects of them. First of all, it is evident that we could, by extending the model to the smaller size class, infer to deposition of larvae, or, so to say, an effective recruitment for the period from the pelagic stock. Backward extrapolation, and forward one as well, has a little difficulty, for condition equations are lacking by one for the purpose of estimating a previous, or a future, size composition. However, with rate of growth already estimated, we could measure approximately the time elapsed before individuals of a size class totally grew up to the present class, that is, before complete displacement of a size class. As a consequence, size compositions on particular occasions, thus measured, will be derived easily by multiplying appropriate survival factors to the present status, Different rate of growth will bring in some complications, for example, discrepancy of the particular period just cited. Then, however, our condition equations modified will help connecting those independent processes. Thus we could make an inference, roughly as it is, for neither individual differences of growth nor possible changes of parameters are taken into account, when deposition, or spawning, began, and how pelagic larvae ever since have been effectively recruited to the benthic population. As for forward inference, we must make an assumption about recruitment, for example, that it has just ceased. Then we could estimate a size composition on an arbitrary future occasion. Though the variances of these extrapolated estimates are approximately evaluated by the ordinary formula about the variance of a function of variates, we must remember that they are no safeguard against erroneous inference we might happen to fall in on extrapolation.

With detailed discussion left over to a future publication, here will be a few points referred to. Both parameters, originally defined as instantaneous rate, turn out to be first approximations to the ordinary rates integrated over half the period when the time factor is included into them. Taking care of this difference, it follows from

the results of Model 2 that the effective recruitment from the pelagic stock, small as it is at the early stage, seems to have begun five months before and then gradually increased, and that the truly effective one has taken place since about five or seven weeks before. Assuming, as expected from the observed change of the size composition, that recruitment has just ceased after the period in this example, let us estimate a size composition on the occasion when the same plot was subsequently covered, and then we have found a striking coincidence between the observed and the calculated size compositions as follows;

Date	Class Order	1	2	3	4	5
7th July	Observed	1	139	1020	600	194
	Calculated	0	202	1056	448	161

This coincidence, we could not deny, is an evidence for adequacy of Model 2.

A Note

This may be unnecessary, but will not be entirely irrelevant, for there is probably expected a situation, where we have no more than single size composition on each occasion, or no information available on the dispersion and accordingly on the weight, with which we would be hardly confronted in a designed survey. Strictly speaking, there seems to be no way to meet such a situation. What is usually adopted is to neglect covariances and to weight equally, or some improvedly, inversely to the class frequencies. Upon this substitute, on account of apparent gain of reducing computational labors, we are so often inclined to rest……more or less idly. However, though it is true that it depends partly on experiences and future study, these substitutes will not be so desirable, because they are based upon complete disregard of operation particulars of the survey itself and that covariannces could not bealways neglected from a biological point of view, as really in this example.

Closing this article, the author wishes to express many thanks to Dr. T. Hanaoka, Director of the Laboratory, by whom he has been continously encouraged to advance this study, and to Mr. T. Fujita, chief of the Hiroshima Experimental Fisheries Station, and his staffs, who have gladly provided him with materials of the survey for explanatory discussion in this article.

References

[1] Deming, W. E. (1946)
Statistical Adjustment of Data. John Wiley and Sons, New York. Translated into Japanese by S. Moriguchi
森口繁一，推計学によるデータのまとめ方 1951 年 岩波書店
[2] Masuyama, M. (1948)
Note on a Markoff's Theorem of Least Squares (in Japanese) Contr. Math. Stat. Tokyo, No. 11, Vol. 4. 統計数理研究所 講究録

* Chief of the Nagasaki Experimantal Fisheries Station since December 1952.

成長と死亡の法則の関聯について

吉 原 友 吉
(東京水産大学)

On the Relation between the Law of Growth and Death

Tomokichi YOSHIHARA

The logistic law of growth have been generalised and a number of the growth curves were obtained. One of them was coincide with the GOMPERTZ law of mortality which was applied by WINSOR as the growth curve. Moreover a system of growth curve which correspond to the law of MAKEHAM was obtained. Details of the results will be published in the Journal of Tokyo University of Fisheries.

1. 個体群の増大と減少の機構は通常次の如くに考えられる。時間 t における群個体数を $N(t)$，単位時間 Δt 内の増加と減少を現存数 N の函数として $P(N)$，$Q(N)$ と表わせるとする。統計的に P 及び Q は第1近似として pN 及び qN の形に表わせることが知られている。ここに p と q は定数である。依つて $r=p-q$ とおくと，単位時間内における個体数の増加は $\Delta N=[P(N)-Q(N)]\Delta t=(p-q)N\Delta t=rN\Delta t$ と表わせる。これより $N=N(0)\cdot e^{rt}$ を得るが，生物集団では通常 $r>0$ であるから長い期間に亘りこの式（所謂マルサスの増加法則）を用いることは出来ない。併し乍ら第2近似として $P(N)=pN+p'N^2$，$Q(N)=qN+q'N^2$，$r'=p'-q'$ を用いると $\Delta N=(r.N+r'N^2)\Delta t$ を得る。ここに p',q',r' は定数である。この関係が所謂 Logistic 法則である。P 及び Q を N の 3 次式で表わしても好ましい結果は得られないので，これ以上の拡張は他の方法に依らねばならない。この点については少からぬ研究があるが，以下一つの新しい拡張方法を与え，且それに基いて成長（増大）法則と死亡（減少，生残）法則の形式上の内的関聯について一つの解明を与える。

2. PEARSON は一般なる分布函数を求める為 $f'/f=(D+Ex)/(A+Bx+Cx^2)$ の形の微分方程式を想定して，その解として合計 12 個の分布型を得た。Logistic 曲線を $N=L\cdot(1+e^{a-bt})^{-1}$ で表わすと之は次の関係を満足する。

$$\frac{1}{N}\cdot\frac{dN}{dt}=\frac{be^{a-bt}}{1+e^{a-bt}}=b\left(1-\frac{N}{L}\right) \qquad (1)$$

従つて之を拡張すれば，その一つとして例えば

$$\frac{1}{N}\cdot\frac{dN}{dt}=\frac{D+Ee^{-t}}{A+Be^{-t}+Ce^{-2t}}\ \text{又は}\ \frac{Ee^{t}+F}{A.e^{2t}+Be^{t}+C} \qquad (2)$$

の型の式が考えられる。この2式は見掛は異つているが夫々 $x=e^t$ 又は $x=e^{-t}$ とおいて変数を t から x に変えると，同一の型の式

$$\frac{1}{N}\cdot\frac{dN}{dx}=\frac{Dx+E}{Ax^2+Bx+C}\ \text{又は}\ -\frac{E+Fx}{A+Bx+Cx^2} \qquad (3)$$

に帰する。この解を求める為，係数 A，B，C，D 及び E が 0 となる場合を考えて区分すると 32 通りの場合が生ずるが，その中 16 通りの場合のみ吟味すればよく，他は a，b を定数として $N'/N=a\cdot e^{bt}$ の型になり，且この解は $N=\exp[\pm\frac{a}{b}\exp(\pm bt)]$ の型である。併し乍らこの中で成長曲線として適するもの

1953 年 4 月 24 日受理（印刷費負担）

は，次の形の式だけである。　$N=\exp[-Ae^{-Bt}]$，$(A>0,\ B>0)$　（4）

尙，上記 16 通り場合の吟味は本編では略し，他の機会に述べることにする。

3. 扨て生残函数を $l(x)$ とする定義により死力は　$\mu(x)=-d\log l(x)/dx$　（5）

で与えられる。$\mu(x)$ の経驗式として有名なものに次の 2 つがある。

$\mu(x)=b\cdot e^{cx}$（GOMPERTZ，1825），$\mu(x)=a+be^{cx}$（MAKEHAM，1860）

この第 1 の式を用いて（5）を解くとその解は（4）の型になる。第 2 の式を用いると

$$N=\text{const.}\exp(ax+be^{cx})$$

を得るが，この式は成長曲線として適しない。併し乍ら次の型の場合には単峯型の度数曲線を表わす。

$$N=\text{const.}\exp(cx-ae^{bx}),\quad N=\text{const.}\exp(-cx-ae^{-bx}) \qquad (6)$$

4. 一方連続母集団から大きさ n の標本をとり，その大きい方から s 番目の値の標本分布を求めると，その密度函数は（6）の第 2 式と同じ型の，$j_s(t)=[\Gamma(s)\cdot\exp(st+e^{-t})]^{-1}$ の如き式になる。（CRAMER）この式の表わす曲線は $t=-\log s$ に極大を有する。今 t について $-\infty$ から x まで $j_s(t)$ を積分すると

$$J_s(x)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_{-\infty}^{x}\exp(-st-e^{-t})dt=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_{e^{-x}}^{\infty}\frac{u^{s-1}}{e^{u}}du \qquad (7)$$

然るに $I_{s-1}=\int e^{-u}\cdot u^{s-1}du$ は漸化式 $I_{s-1}=-u^{s-1}e^{-u}+(s-1)I_{s-2}$

を満足するから $s=1,2,3,\cdots\cdots$ とおいて $I_0=-e^{-u}$，$I_1=-(u+1)e^{-u}$，$I_2=-(u^2+2u+2)e^{-u}\cdots\cdots$

従つて（7）より $J_s(x)$ が次の如く求まる。

$$J_1(x)=\exp(-e^{-x}),\quad J_2(x)=(1+e^{-x})\exp(-e^{-x}) \qquad (8)$$

一般に

$$J_s(x)=\left(1+\frac{e^{-x}}{s-1}+\frac{e^{-2x}}{(s-1)(s-2)}+\cdots\cdots+\frac{e^{-(s-1)x}}{(s-1)!}\right)\exp(-e^{-x}) \qquad (9)$$

$J(x)$ が分布函数であることに注意すると，これらの式は成長曲線として用い得ることがわかる。実際に（8）の第 1 式は，上記（4）の型であり，第 2 式は本編では略した 16 通りの場合の 1 つの解に当つている。$J_3(x)$ 以下はその型が複雑になるから，特に理由のない限り実用に適さない。

5. WINSOR（1932）は（4）式即ち GOMPERTZ の死亡法則が成長曲線として用い得られることを示した。成長（増大）現象と死亡（減少）現象が同型の式で表わされることは，一見奇異の感を与えるが，本編に示した如く，その機構を考えれば，両者が同一の微分方程式の解であることから，外見上同型の式で相反する現象が表わせることの根拠が理解出来る。

6. 尙 $j_s(x)$ は（γ を EULER の定数として）

$$\text{平均}\quad E(x)=\gamma-\left(1+\frac{1}{2}+\cdots\cdots+\frac{1}{s-1}\right)$$

$$\text{分散}\quad \text{Var.}(x)=\frac{\pi^2}{6}-\left(1+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{3^2}+\cdots\cdots+\frac{1}{(s-1)^2}\right) \qquad (10)$$

を有する。BURR（1942）の方法によつて成長曲線から（微分することなく）直接平均と分散が求められるからこの関係は，$J_s(x)$ を実測値に適合させる場合に必要である。

詳細は東京水産大学研究報告に発表の予定である。

文　献

I. W. BURR,　Cummulative frequency functions, Ann. Math. Stat. **13**, 215-232, (1942).

H. CRAMER,　Mathematical methods of statistics, Priceton ; University Press, (1946). p. 374.

C. H. WINSOR,　The COMPERTZ curve as a growth curve. Proc. Nat. Acad. Sci. **18**, 1-8, (1932).

体長組成推定に際して現われる統計量の生物學的意味について（豫報）

山　中　一　郎
（日本海区水産研究所）

An Ecological Meaning of the Estimation of Body Length Composition (Preliminary Report)

Ichiro YAMANAKA

The variance of the simple estimates of the number belonging to a certain body length class is rather large and is composed of three components, i. e., between-day variance, between boat one and within boat one. As an example, the drift net fisheries of Japanese Sardine was taken. The second and the third one are at their maximum near the modes of body length composition, while at their tails they are comparatively low.

When we use the ratio estimation in order to separate the variance which dues to the variation of the size of shoals from that due to the heterogenuity within the shoals, we find that the correlation coefficients between the total catch of a sample boat and that in a certain length class are, in generally, largest at the modes of the body length compositions, while at the larger tails, they are low. This fact is considered to be caused because the main year class and the younger ones build up shoals with the individuals of the same size, while the older ones migrate independently.

現在各種の資源調査において[1]，計画的に行われた標本調査によつて得られた体長組成の標本分布を用いて全漁獲物についての引伸推定を行うことが広く行われているが，この際統計技術上各種の統計量が導入されて来る[2]。又このような推定値も，これを単純推定[3]で行つた場合には，非常に分散が大になつて，従つてその精度も悪くなつていることはよく知られていることである。実際現地で実施している作業は，土地や漁業によつて多少の相違はあるが，例えば日本海区のイワシ流網漁場調査においては[4]，日の抽出（系統無作為抽出），その日の出漁船からの標本船の抽出，標本船の漁獲物よりの標本魚体の抽出という 3 段階で行われており，したがつて推定値の標本誤差もこれ等の各段階で生じて来る。これ等のうち，最初の二つはこれを合併すれば船間変動として考えることが出来，これと第三の船内変動との比較については既に著者外数名[5]が既に論じたことであり，その結果，前者が後者に比して非常に大きく，したがつて標本抽出作業は標本船の抽出に主力をおくべきで，標本船からの魚体抽出は簡易化し得ることを示した。これ等の変動の意味を考えると，一つには漁具の撰択性の相違のような漁業自身の有する性質があり，又一つは生物学的意味，即ち魚群の構造，分布等の意味を内に潜ませていると考えられる。

これ等を実例をもつて示すことにする。この資料は 1952 年春の漁期において新潟県水試の委託調査によつて得られたもので，実施地点は新潟港である。

調査法及計算

この場合は出漁日には必ず調査する。毎日出漁船より 2～3 隻を無作為にとる。（船の抽出率は定めない。

1953 年 4 月 30 日受理（印刷費負担）

標本船からの魚体抽出率も厳密に定めず，むしろ一隻当の調査尾数を 50～100 にする)。

但し，新潟港の中，信濃川東岸宮浦町に水揚されるものは一応対象外とする。

魚体標本は穿孔法[4] によつて体長組成を 0.5 cm 階級で求め，次式により単純推定の引伸を行つた[6]。

出漁日数	D	
調査日数	d	
第 j 日出漁船数	M_j	
同日調査船数	m_j	
同日第 k 船総漁獲尾数	N_{jk}	
〃 標本尾数	n_{jk}	……(1)
この中体長階級 i に属するもの		
総漁獲物について	N_{ijk}	
標本 〃 〃	n_{ijk}	
標本中体長 i なるものの率		
$p_{ijk}=\dfrac{n_{ijk}}{n_{jk}}$		
$q_{ijk}=1-p_{ijk}$		

このようにおいたとき，今の場合は $D=d$ であるから，単純推定による体長階級 i の推定値は

$$Y_i'=\sum_j\frac{M_j}{m_j}\sum_k\frac{N_{jk}}{n_{jk}}n_{ijk} \quad\cdots\cdots(2)$$

又この分散は

$$V(Y_i')=D^2\frac{D-d}{D-1}\frac{\sigma^2{}_e}{d}+\frac{D}{d}\sum_j M_j{}^2\frac{M_j-m_j}{M_j-1}\frac{\sigma^2{}_j}{m_j}+\frac{D}{d}\sum_j\frac{M_j}{m_j}\sum_k N^2{}_{jk}\frac{N_{jk}-n_{jk}}{N_{jk}-1}\frac{p_{ijk}q_{ijk}}{n_{jk}}$$
$$=V_1+V_2+V_3 \quad\cdots\cdots(3)$$

ここに $\sigma^2{}_e=\dfrac{1}{D}\sum_j(Y_j-\overline{Y})^2 \quad\cdots\cdots(4)$

$$\sigma_j{}^2=\frac{1}{m_j}\sum_k(Y'_{jk}-\overline{Y}_j)^2 \quad\cdots\cdots(5)$$

ここで（3）の各項は夫々 between-days, between boats, within day 及び標本船内の標本誤差による変動を現わしている。

主な体長階級について夫々の値を表示する。但し今の場合 $D=d$ であるから $V_1=0$, 又この表中

$$p_i'=\frac{Y_i'}{\sum Y_i'} \quad（推定組成百分率）$$

$$c_1=\frac{\sigma_{ie}}{\overline{Y}_i} \quad（日間変動係数）$$

$$c_2=\frac{\overline{\sigma_{ij}}}{\overline{Y}} \quad（船間変動係数の概値）$$

もし M_j m_j の値が毎回一定であれば c_2 の値はこれでよく当初設計はそのようにしてあつたが，実際多少の変動があつたが，それほど大きなものではないので，理論的に多少の不備を無視して概値とした。$\rho(N_{jk}, N_{jjk})$ については後記する。

明に，推定誤差の大部分は船間変動に起因している。そして c_1 及び c_2 を比較して見ると，これ等の値が体長によつてことなつていることがわかる。流網のごとく，撰択性を有する漁具において，漁獲物組成がそのまゝ来游し，漁具に遭遇した魚群を代表するものということは危険ではあらうが，一方この地方におけ

Table　Components of variations by simple estimation in various body length classes

l (B. L. in cm.)	p' %	Y' $\times 10^3$	V_2 $\times 10^3$	V_3 $\times 10^3$	V $\times 10^3$	$\frac{\sqrt{V}}{Y}$	c_1	c_2	$\rho(N_{jk}, N_{ijk})$
18.0	5.5	391	234	11	24.	0.42	0.09	0.62	0.95
19.0	17.0	1156	3298	70	3368	0.16	0.47	0,24	0.98
20.0	18.0	1264	794	41	835	0.23	0.24	0.32	0.97
21.0	11.0	761	112	18	130	0.15	0,18	0.18	0.81
22.0	0.7	54	13	3	16	0.06	0.05	0.10	0.67
23.0	1.1	73	0.5	0.3	0.8	0.12	0.05	0.17	0.31

るこの漁業の網目は 7.8 節で殆んど一定しており，これはこれ等の変動には影響は少いであろうし，又各体長におけるこれ等の変動量の相対的関係に対する影響も魚の集り方の相違自身によるものよりは少いであろうと考えられるので，以下これ等の変動量を魚の集り方という立場から見ることにする。

主 な る 事 実

（1） c_1 と c_2 とは大差ない（18.0 cm のものについては後記する。）即ち，1 のつ体長級のものの集り方のむらは日による来游のし方のむらと，1 日の中での魚群によるむらとは同程度である。

（2） c_1，c_2 共に体長の mode 附近で大きく，高年令のものは少くなる。18.0 cm のものについては後記する。

（3） 推定誤差 V の大部分は日内の船間変動V_2 によるが，体長の大きくなるほどこの割合は少い。

こ の 意 味

高年令のもの（体長の大きいもの）は，絶対数が少くなつているのであるが，来游が比較的一様でむらが少い。換言すれば特に同一体長のものが集つて群を作るという傾向は少い。これに比して若年のものでは同一日内で非常にむらがあり，ある時は非常に少く，又あるときは非常に多いというこてが示されている。

このような船間変動の原因は，この体長を含む全魚群の大さの変動によるものと，魚群内での組成不均一によるものとに別つことが出来る。筆者は，比推定によつて推定精度を高めることを示したが[7]，これはこの事実を利用したものであり，この際現われる $\rho(N_{jk}, N_{ijk})$ なる相関係数によつてこれが示される。

この値は 18～20 cm で極めて高く，体長の大きいもので急激に減じて居る。この相関の高いことは，即わちある体長階級に属するものの大さの変動の中，漁獲高の変動によるものが多いことを示すもので，つまりこれ等の大さのものは魚群の大小によらず一様に近い割合で含まれていることになる。若年のものは非常に群自身の大さに変動があるが，やはりこの含まれ方は一様である。これに対して高年と思われる体長の大なものではこの相関は極めて低く，又 c_1, c_2 共に低く，これは群を作るよりも各個々に行動して来游することを示すと思われる。

このような相関係数が体長によつて異ることは，著者其他[2)7)] も指摘しており，多くの場合体長の mode 附近で大であるが，体長の大い所では負になることもあり，又 mode 附近で却つて低いこともあるがこれはこの体長の mode が年令を異にする 2 群によつて作られた見かけ上のものである場合に現われる。

このように，体長組成推定の途中に現われる統計量は，単に統計技術的に扱われる数式にすぎないものではなく，魚群の構造やその分布のような生態学的な知識を与える一つの手がかりとして生物学的に解釈されるべきものであろう。

附　　記

この研究はイワシ資源調査担当者会議の決定による全国イワシ資源調査の一環として行われた。現場を担当した丹羽正一技師他新潟水試場員，数値計算を担当した長尾静代氏に謝意を表する。

文　　献

1) 西海区水研　以西底魚資源調査研究報告 No. 1. (1951).
2) 田　中　昌　一: イワシ魚体調査計画に関する私見（担当者会議資料）東海水研 (1952).
3) 土　井　長　之: 体長組成の精度について　以西・研報・No. 3. p. 39 (1951).
4) 日水研: 昭和 27 年　日本海区イワシ資源調査要綱 (1952)
5) 山中一郎，岡地伊佐雄: 1951 年　日本海大羽イワシ年令組成推定法（担当者会議資料）日水研 (1952).
6) 浅 井 金 一 郎: 標本調査の設計（培風館）(1951).
7) 山　中　一　郎: 体長組成のとりまとめ方について　底魚資源調査研究連絡 No. 12, (1952).

The Method to Calculate Precision of Survival Rate Estimated from Age-Composition, by Ratio Estimate—II. A Method Applied to Age-Composition Obtained Using Length for Stratification

Syoiti TANAKA
(Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)

I. Introduction

The author has mentioned in the previous papers that precision of survival rate estimated from age-composition can be calculated by Ratio Estimate[1], and also that accuracy of age-composition can be improved by double sampling in which length is used for stratification[2]. It is necessary to combine these two methods, which is of course possible, so that we may discuss the precision for the whole series of procedure from length measurement and age-determination to calculation of survival rate.

The method, which is, in principle, of comparing proportions of two age-groups, would be applied, besides to the problem of survival rate, to tracing of a dominant age-group.

Here we shall restrict, for simplicity, our concern to the cases of stratified proportionate and random subsamplings in which the formulae of variances are approximately identical.

II. Formulae of variance

The proportion of a age-group in population (landed fishes) p_a is estimated by following formula

$$p_a'' = \sum_{i=1}^{R} \frac{L_i}{L} \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{aij}'' = \sum_{i=1}^{R} p_i' p_{ai}''. \qquad (1)$$

Now, we consider two age-groups a and α, then the ratio of p_α and p_a is estimated by

$$z'' = \frac{p_\alpha''}{p_a''}, \qquad (2)$$

and sampling variance of z'' is, according to the formula of ratio estimate,

Received June 3, 1953. (印刷費負担)
Contributions from Tokai Regional Fisheries Research Laboratory B. No. 119

$$V(z'')=V\left(\frac{p_\alpha''}{p_a''}\right)\doteqdot\frac{(Ep_\alpha'')^2}{(Ep_a'')^2}\left[\frac{V(p_\alpha'')}{(Ep_\alpha'')^2}+\frac{V(p_a'')}{(Ep_a'')^2}-2\frac{Cov(p_\alpha'',p_a'')}{(Ep_\alpha'')(Ep_a'')}\right]. \quad (3)$$

In (3) expectations and variances are

$$\left.\begin{array}{l} E(p_\alpha'')=p_\alpha, \qquad E(p_a'')=p_a, \\ V(p_\alpha'')\doteqdot\frac{\sigma_\alpha^2}{n}-\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{L}\right)\sigma_{\alpha b}^2, \quad V(p_a'')\doteqdot\frac{\sigma_a^2}{n}-\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{L}\right)\sigma_{ab}^2, \end{array}\right\} \quad (4)$$

and covariance is obtained in the same way as the variances

$$Cov\,(p_\alpha'',\ p_a'')\doteqdot\frac{Cov\,(x_\alpha,\ x_a)}{n}-\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{L}\right)Cov_b(x_\alpha,\ x_a). \quad (5)$$

Then substituting (4) and (5) into (3), we have

$$V(z'')\doteqdot\frac{p_\alpha^2}{p_a^2}\left[\frac{1}{n}\left(\frac{\sigma_\alpha^2}{p_\alpha^2}+\frac{\sigma_a^2}{p_a^2}-2\frac{Cov\,(x_\alpha,x_a)}{p_\alpha p_a}\right)\right.$$
$$\left.-\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{L}\right)\left(\frac{\sigma_{\alpha b}^2}{p_\alpha^2}+\frac{\sigma_{ab}^2}{p_a^2}-2\frac{Cov_b(x_\alpha,x_a)}{p_\alpha p_a}\right)\right]. \quad (6)$$

The variances and the covariances in (6) may, in our problem of estimating the proportion, be written in the form of

$$\left.\begin{array}{l} \sigma_a^2=p_a-p_a^2, \qquad Cov\,(x_\alpha,x_a)=-p_\alpha p_a, \\ \sigma_{ab}^2=\sum_{i=1}^{R}p_i(p_{ai}-p_a)^2, \qquad Cov_b(x_\alpha,x_a)=\sum_{i=1}^{R}p_i(p_{\alpha i}-p_\alpha)(p_{ai}-p_a), \end{array}\right\} \quad (7)$$

then, (6) becomes

$$V(z'')\doteqdot\frac{p_\alpha^2}{p_a^2}\left[\frac{1}{n}\left(\frac{1}{p_\alpha}+\frac{1}{p_a}\right)-\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{L}\right)\sum_{i=1}^{R}p_i\left(\frac{p_{\alpha i}}{p_\alpha}-\frac{p_{ai}}{p_a}\right)^2\right]. \quad (8)$$

Even if the population parameters in (6) or (8) are unknown, we may obtain the precision attained by substituting the estimates of them calculated from the sample. One of these estimates may be expressed as

$$p_a\approx p_a'', \quad (9)$$

and when the size of sample is large, we have approximately

$$\left.\begin{array}{l} \sigma_a^2\approx p_a''-p_a''^2, \qquad Cov\,(x_\alpha,x_a)\approx-p_\alpha''p_a'', \\ \sigma_{aw}^2\approx\sum_{i=1}^{R}\frac{n_i}{n_i-1}p_i'(p_{ai}''-p_{ai}''^2), \qquad Cov_w(x_\alpha,x_a)\approx-\sum_{i=1}^{R}\frac{n_i}{n_i-1}p_i'p_{\alpha i}''p_{ai}'', \\ \sigma_{ab}^2=\sigma_a^2-\sigma_{aw}^2, \qquad Cov_b(x_\alpha,x_a)=Cov\,(x_\alpha,x_a)-Cov_w(x_\alpha,x_a), \end{array}\right\} \quad (10)$$

where notation $\approx$ means that the right hand is the unbiased estimate of the left hand. However, the variance obtained by substituting these unbiased estimates in general will not be an unbiased estimate.

III. Examples

The above procedures have been applied to the cases of the large sardine and the anchovy on the base of data which also have been used in reference 2. The

results are shown in Tables 1 and 2.

Table 1. Coefficient of variation of z'', covariances and other information for the large sardine.

Fishing gear: Drift net. Landing port: Saikai, Ishikawa Prefecture.
Fishing season: April–May 1951. Size of sample: $n=876$, $L=1418$.

Age	p_α''	$p''_{\alpha+1}/p_\alpha''$	C_z''	$Cov(x_\alpha, x_a)$	$Cov_w(x_\alpha, x_a)$	$Cov_b(x_\alpha, x_a)$
II	0.401					
		1.082	0.069	−0.1744	−0.1307	−0.0437
III	0.435					
		0.236	0.111	−0.0446	−0.0354	−0.0092
IV	0.103					
		0.420	0.190	−0.0044	−0.0176	0.0132
V	0.043					
		0.414	0.298	−0.0008	−0.0068	0.0060
VI	0.018					

Table 2. Coefficient of variation of z'', covariances and other information for the anchovy.

Fishing gear: Beach seine. Landing port: Katagai, Chiba Prefecture.
Fishing season: July–September 1951. Size of sample: $n=118$, $L=639$.

Age	p_α''	$p''_{\alpha+1}/p_\alpha''$	C_z''	$Cov(x_\alpha, x_a)$	$Cov_w(x_\alpha, x_a)$	$Cov_b(x_\alpha, x_a)$
0	0.566					
		0.573	0.143	−0.1834	−0.0712	−0.1122
I	0.324					
		0.346	0.203	−0.0363	−0.0176	−0.0187
II	0.112					

IV. Effect of stratification

To decide the effect of stratification, the formulae and the curves for the increase in information (e) and for the reduction in cost (c) which were led in the previous paper[2] are applicable in the same manner when merely replacing σ^2, σ_w^2 and σ_b^2 by

$$\left.\begin{aligned} C^2 &= \frac{\sigma_\alpha^2}{p_\alpha^2}+\frac{\sigma_a^2}{p_a^2}-2\frac{Cov(x_\alpha, x_a)}{p_\alpha p_a} \\ C_w^2 &= \frac{\sigma_{\alpha w}^2}{p_\alpha^2}+\frac{\sigma_{aw}^2}{p_a^2}-2\frac{Cov_w(x_\alpha, x_a)}{p_\alpha p_a} \\ C_b^2 &= \frac{\sigma_{\alpha b}^2}{p_\alpha^2}+\frac{\sigma_{ab}^2}{p_a^2}-2\frac{Cov_b(x_\alpha, x_a)}{p_\alpha p_a} \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

respectively. The results of calculation are shown in Tables 3 and 4.

It is obvious from Tables 3 and 4 that the effects of stratification in estimation of the survival rate are just like those in estimation of the age-composition. In case of the large sardine which grow so slowly that length range for age group is

remarkably overlapped with each other, it is difficult to curtail the samples for age-determination more than 20 percent. While, in case of the anchovy, we may reduce the size of sample to about one third of the random sampling.

Table 3. Increase in information e and reduction in size of age sample $(n_r-n)/n_r$, for the large sardine.

Age	e	$e_{L=\infty}(=C_b^2/C_w^2)$	$\frac{n_r-n}{n_r}$	$\lim_{L=\infty}\frac{n_r-n}{n_r}(=C_b^2/C^2)$
Ⅲ/Ⅱ	0.134	0.470	0.122	0.320
Ⅳ/Ⅲ	0.117	0.377	0.105	0.274
Ⅴ/Ⅳ	0.041	0.113	0.039	0.101
Ⅵ/Ⅴ	0.021	0.057	0.021	0.054

Table 4. Increase in information e and reduction in size of age sample $(n_r-n)/n_r$, for the anchovy.

Age	e	$e_{L=\infty}(=C_b^2/C_w^2)$	$\frac{n_r-n}{n_r}$	$\lim_{L=\infty}\frac{n_r-n}{n_r}(=C_b^2/C^2)$
Ⅰ/0	1.022	1.631	0.505	0.620
Ⅱ/Ⅰ	1.479	2.735	0.597	0.732

From the above considerations we may conclude that length measurement in the double sampling to expedite age-determination and thereby reduce the cost of investigation is only feasible when fish grow fast comparing with standard deviation of the length in each age group so that σ_b^2/σ_w^2 or C_b^2/C_w^2 is fairly large. When these quantities are not so large, the precision is mostly decided only by the size of sample for age-determination. For this reason we have to examine sufficient numbers of sample at a great amount of cost until some other methods less expensive yet as well effective will be found available.

So far the discussion has been made under the assumption that the primary sampling is at random. However, it is desirable to extend this method to a more practical case of multi-stage. It may be possible, I believe, to utilize the stratification more effectively for age-composition of the large sardine with a well designed primary sampling, a question which should be studied in future.

V. References

1) S. Tanaka: "The Method to Calculate Precision of Survival Rate Estimated from Age-Composition, by Ratio Estimate—Ⅰ. A Method Applied to Random Sampling", *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **18** 353~358 (1953). (in Japanese with English synopsis)

2) S. Tanaka: "Precision of Age-Composition Estimated by Double Sampling Method Using Length for Stratification", *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **19** (5) (1953)

On the Herring Resources of Hokkaido and the South Saghalien

Nobuhiko HANAMURA
(Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory)

1. Introduction

About four centuries is over from the year when herrings are catched in the North Japan Sea.

It is also quite long from the year when it's catch has very important part of Hokkaido's industrial organization.

In developping process of fishing, in Europe and America, also in Japan, the first step of scientific art was next two points. The first is how to catch the most, and the second is treatment of catches for increase the economical value.

But by the progress of fishing method and the increase of productive power, one side there is augmentation of yielding, but the other side there is uneasiness of maintaining the necessary production for suport the industrial guild. So, we necessarily concider next things on the stand point of science of stock and social economical situation of fishing : how many productivities has nature, and how utilizing it, or ought to be utilize.

The herring investigation at Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory from Meiji period were pursued as the progress of fishing, and its investigation system has very rich departure, concidering the period when it framed. And even through very poor catch year, which do not know what to do with it by human power, practised this quiet examination for many years past, so it win the historical admiration in our country though it has many deficient and dissatisfied point in it.

Fortunately, there are many investigations and literatures on the herring in domestic and foreign. Through these valuable investigated data, I desire to do a concideration in accordance with science of stock. And now publish the summary of "on the Potential Productivity of Herring.", which recently will express on fisheries literary, so I pray a good deal of comment and discussion by many people.

2. Data

On the herring, happily there is a literature-catalog by MOTODA and TAKE-

Received June 3, 1953 (印刷費負担)

UCHI [1], and recently by ISHIDA [2], which bring to the conclusion of old investigations, so fully put to practical use with these literatures as a reference book. And as the data of conclusion of potential productivity used the catch statistics in several consecutive years and age composition published by Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory, a data on growth expressed by HIRANO, [3], and age composition and catch statistics by examinations of floating net published by Saghalien Agency [4] etc.

3. Ratiocination

Prior to reasoning of potential productivity, we must concider the category of fish population.

On the old examination by FUJITA and KOKUBO [5], or by HIRANO, there are any differences on morphological mesurements or coming phase of spawning shoal between the fish shoal come to the West Coast of Hokkaido and the Southern part of Saghalien.

The data of catch composition of the South Saghalien is by fishing examinations of floating net, although it can not use as the data of stock analysis alone. But compare it with Hokkaido's, during twenty years (from 1924' to 1944'), the chief age group of the South Saghalien is same as the chief age group of Hokkaido's

Table 1. Age composition of catch of Hokkaido's Spring Herring

Year \ Age	~III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
1924	47967	585758	966214	314641	35236	40642					1890408
1925	77120	563770	792940	312630	95480	32680					1874620
1926	33139	73609	1252538	380252	91566	52770					1873874
1927	19340	123407	276940	1114352	222558	60401					1816998
1928	13677	26756	160221	244006	630004	116655					1191319
1929	17226	46810	50597	147851	113123	419538					795145
1930	8767	224316	343415	49112	56862	222849					905321
1931	45114	83142	1048743	62686	58296	104602					1402583
1932	11863	347693	28115	866825	14530	23894					1192920
1933	164926	53087	838735	76656	572386	7312					1713102
1934	279547	272158	35191	471039	12854	207882					1278671
1935	65260	242051	153309	10947	194389	76982					742938
1936	14874	36723	106186	104832	70699	69193					402507
1937	6971	5611	51555	87544	51135	47356					250172
1938	6060	1358	1111	7432	11275	11174					38410
1939	259884	205877	11731	7088	2471	4504					491555
1940	19156	466839	118368	6967	1350	7158					19638
1941	9269	74795	484660	30895	5871	3257					608754
1942	164868	100561	65367	276132	35179	113					642220
1943	4328	916682	81547	51546	102509	1159					1158370
1944	1850	8599	1121349	55847	29801	42985					1260431

(1910′~1951 Unit : 1000 head)

Table 2. Age composition of the South Saghalien's Spring Herring catched by examination ship of floating-net. (%)

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1924	6.58	42.51	31.14	9.58	4.79	2.99	1.80	0.06
1925		19.95	55.03	14.73	10.85	2.33	3.10	
1926	0.80	5.57	44.83	30.24	12.46	5.31	0.80	
1927		18.48	13.25	47.79	13.65	5.62	1.20	
1928		4.31	52.15	12.93	25.85	2.45	0.86	0.43
1929	8.40	10.40	14.80	37.20	8.40	20.00	0.80	
1930	0.43	52.14	5.98	10.68	18.38	5.98	5.55	0.85
1931		0.92	61.47	16.97	12.84	3.67	4.13	
1932	0.43	14.47	16.38	62.34	3.87	1.49	0.64	0.21
1933		0.75	30.27	12.35	38.71	9.64	5.72	2.56
1934		12.84	7.94	49.43	12.18	16.05	0.34	1.18
1935		1.00	18.00	21.00	13.00	34.00	9.00	4.00
1936		2.00	20.00	40.00	12.00	22.00	4.00	9.23
1937		0.77	9.23	18.08	22.69	21.15	18.85	
1938		1.04	39.59	20.83	9.38	13.54	7.29	8.33
1939	6.04	16.78	3.39	7.38	8.72	14.77	16.78	26.17
1940	1.00	93.00	5.00	11.00				
1941		3.28	50.81	31.15	9.84	3.23		1.64
1942	0.86	35.24	10.60	47.54	4.87	0.57		0.29
1943	1.09	21.17	41.98	19.71	13.51	1.82	0.36	0.36
1944		14.00	35.00	33.00	10.00	6.00	2.00	

spring herring in a same year, except the extreme poor catch year from 1937′ to 1939′ etc, in which the young shoal is chief of it. It shows on Table I.

TAUCHI's[7] examination, concluded by few years, and especially by catch composition of particular floating net, that if age is differ, so coming place different in the general state, is not sufficiently appropriateness. It is already shows by IISHIDA.[2]

When applying fishing biological concideration from these circumstances, assuming those two bounds herring belong to the same source, though it has tolerable many sampling error.

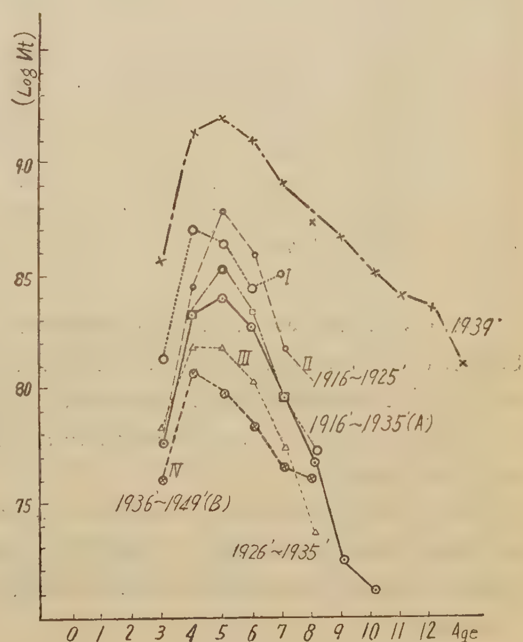


Fig. 1 Averaged catch curve of Spring Herring.

Table 2. Logarithmic value of catch composition about each generated year class. (Hokkaido～South Saghalien calculated by Pool)

year \ age	～Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ	Ⅺ	Ⅻ	XIII
1916′ class	7.73	8.73	8.78	8.68	8.29	7.78					
1917′	7.39	8.48	8.76	8.23	7.67	7.67					
18′	8.43	8.75	9.10	8.62	8.13	7.91					
19′	8.06	8.51	9.11	8.65	8.15	7.97					
20′	7.92	8.89	9.05	8.76	8.53	8.39					
21′	8.84	8.91	9.28	8.23	9.12	8.98					
22′	8.04	8.05	8.63	8.71	8.41	8.74					
23′	7.70	8.28	8.53	8.52	8.51	8.38					
24′	7.47	7.75	8.06	8.09	8.13	7.67					
25′	7.46	8.02	8.93	8.16	7.46	7.04					
26′	7.59	8.75	9.38	9.23	8.94	8.62					
27′	7.34	8.28	7.75	8.06	7.41	8.20					
28′	8.02	8.84	9.10	8.98	8.60	8.34					
29′	7.37	7.90	7.85	7.35	8.30	7.98					
30′	8.40	8.74	8.50	8.47	8.01	7.84					
31′	8.75	8.70	8.43	8.14	7.85	7.15					
32′	8.13	8.02	8.01	7.67	6.87	7.19					
33′	7.62	7.05	6.84	7.33	6.46	6.85					
34′	7.14	6.91	7.56	7.18	7.11	5.35					
35′	7.58	8.80	8.42	7.83	7.84	6.22					
36′	8.91	9.01	9.03	8.73	8.19	7.79		7.36			
37′	7.62	8.22	8.11	7.89	7.63	7.75	7.33	7.01			
38′	7.31	8.31	8.09	7.90	7.54	7.82	7.69	7.44		6.68	
39′	8.51	9.14	9.21	9.12	8.89	8.69	8.65	8.43	8.35	8.29	8.11
40′	6.81	7.09	6.95	7.62	8.06	7.38	7.09	6.91	6.69	6.84	
41′	6.41	6.48	7.15	6.94	7.01	6.93	6.54	7.05	6.75		
42′	8.23	8.34	8.17	8.01	7.83	7.68	7.37	7.25			
43′	7.49	7.58	7.76	7.54	7.28	7.27	7.35				
44′	7.05	7.64	7.85	7.36	7.17	7.14					
45′	6.46	7.90	7.44	6.78	6.91						
46′	8.38	8.55	8.40	8.04							
47′	7.47	7.78	7.64								
48′	8.44	9.06									
49′	7.23										

Once at least, act as a age composition of Hokkaido representative of the South Saghalien's in the same year, and calculate the catch composition by pool, and so search for logarithm of age composition of catch, divided by year class.

It shows Table 2, and almost like a logarithmic normal distribution concerning each age group.

According to Table 2, concidering by the decreasing inclination of year class, the death order from 1916′ to 1935′ are almost stabilize with some tendency. This is almost to be equal to SATO and TANAKA,[8] observed on a stand point of fishing condition.

And then, drawing a line of demarcation by very poor catch year of 1938′, after that the death order is stabilized with different phase, it was show by HIRA-

NO with appearance of old year fish and change of growth rate etc.

So search for mean of logarithm of catch composition divided by year class of those two periods, to be A line (1916′—1935′), B line (1936′—1949′), 1916′—1925′ and 1926′-1935′ in Fig. 1.

Now, apply the theory of BARANOV[9] and RICKER[10] etc, for A and B, natural mortality (hence use a simplified φ_m) suppose 0.15 or 0.1, then we get about A: $(\text{Log}.\, n_t)=9.78-0.26t$ and fishing mortality (hence use a simplified φ_f) is 0.37—0.40, and about B: $(\text{Log}\, n_t)=8.65-0.14t$ and φ_f is 0.13~0.17.

And the other hand, from biological statistical data[11], we get the body length (L_t) and body weight (w_t) of t years old fish:

$$L_t=35.5(1-0.927e^{-0.385t})\text{cm}$$

$$W_t=8.34\{35.5(1-0.927e^{-0.385t})\}^{2.98}\ 10^{-3}\text{g}$$

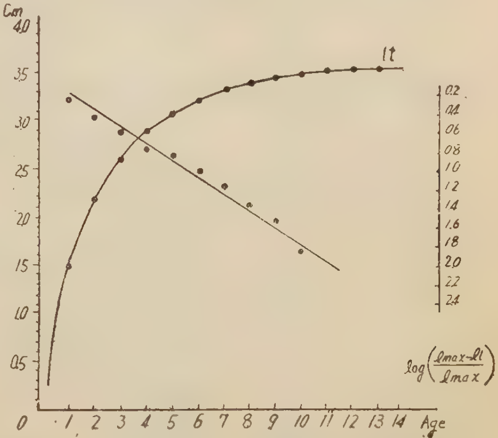


Fig. 2 Standard growth curve. Body Length $Lt=35.5(1-0.927.e^{-0.335t})$ $Wt=8.337\{35.5(1-0.927.e^{-0.335t})\}^{2.98}.10^{-3}$

Then, according the conciderationby AIKAWA[12], which generally to be spawning shoal by 5 years old, and put the bulk of available catch of 5 years old is N_5 (in Read). And then, according the survival rate ((hence use a simplified s $s=\{(1-\varphi_m)\ (1-\varphi_t)\}$)), which to be settled by each φ_m and φ_f, available catch above 5 years old is

$$\sum_{t=5} N_5\, W_t\, S^{t-5}$$

From this, we get possible catch bluk CAVA is:

$$\underset{t>5}{\text{CAVA}}=\varphi_f \sum_{t=5} N_5\cdot W_t\, S^{t-5} \qquad \text{(Look at Fig. 2)}$$

And putting:

N_t: Stock of t years old (in head), and it's mean is $\bar{N}_t$.

n_t: Catch of t years old and it's mean is $\bar{n}_t$.

α_t: Adding rate to available stock by t years old.

S_t: Bulk of available stock of t years old (in weight).

S: Survival rate all the year round.

W_t: Standard body weight of t years old.

X_t: Bulk of available stock of t years old (in head).

then, we get next equations.

$$N_5=N_3\alpha_3S^2+N_3(1-\alpha_3)\alpha_4(1-\varphi_m)S+N_3(1-\alpha_3)(1-\alpha_4)(1-\varphi_m)^2 \cdots\cdots\cdots (2)$$

$$S_{3\sim4}=N_3\alpha_3W_3+N_3(1-\alpha_3)(1-\varphi_m)\alpha_4W_4+N_3\alpha_3S.\,W_4 \cdots\cdots\cdots (3)$$

$\bar{N}_3 \alpha_3 = X_3$ ·· (4)

$X_3 \ \varphi_x = n_3$ ·· (5)

$X_3(1-\varphi_m)(1-\varphi_t)X_4'$ ·· (5)

$(N_3 - X_3)(1-\varphi_m)\alpha_4 = X_4'$ ·· (6)

$X_4' + X_4'' = X_4 X_4 \varphi_f = n_4$ ·· (7)

$X_4(1=\varphi_m)(1-\varphi_l)+(N_3-X_3)(1-\varphi_m)^2(1-\alpha_4)=X_5$ ······························ (8)

$X_5 \cdot \varphi_f = n_5$

And then, the mean in logarithmic normal distribution $\bar{n}_A$ is:

$$\bar{n}_A = e^{m+\frac{\sigma^2}{2}} = 10^{m+1.15\sigma 2'}$$

We used these equations and solve about A and B:

A Period: when $\varphi_m = 0.1$

$\bar{N}_3 = 31.244.10^8$ $\quad \varphi_f = 0.4$ $\quad \alpha_3 = 0.12$ $\quad \alpha_4 = 0.44$

$S = 0..43$

When $\varphi_m = 0.15$

$N_3 = 37.276.10^5$ $\quad \varphi_f = 0.36$ $\quad \alpha_3 = 0.11$ $\quad \alpha_4 = 0.39$

$S = 0.543$

B period: When $\varphi_m = 0.1$

$N_3 = 18.270.10^8$ $\quad \varphi_f = 0.17$ $\quad \alpha_3 = 0.24$ $\quad \alpha_4 = 0.94$

$S = 0.744$

When $\varphi_m = 0.15$

$\bar{N}_3 = 26.000.10^8$ $\quad \varphi_f = 0.13$ $\quad \alpha_3 = 0.22$ $\quad \alpha_4 = 0.89$

$S = 0.744$

And now, when if the ocean maintaining the next two mean potential productivities, as a agency named Herring.

A period: $\bar{N}_3 = 31 \sim 37 \times 10^8$ (in head)

B period: $N_3 = 18 \sim 26 \times 10^8$ (in head)

Then we can conclude the available catch above 3 years old (CAVA), putting $\varphi_f = 0.1 \sim 0.6$ to the equations (1)—(8) under the condition of $\varphi_m = 0.1$ or 0.15. At this time, we acknowledge the investigation, which there is only proportional relation between number of eggs and available catch after few years, the complement mass rather depend upon the conditions of life circumstance. (CAVA shows on the Table 3 and Fig. 3)

When

$$\varphi_m = 0.1, \quad \frac{\text{P.P(B)}}{\text{P.P(A)}} = \frac{18.27}{31.24} = 0.585$$

$$\varphi_m = 0.15, \quad \frac{\text{P.P(B)}}{\text{P.P(A)}} = \frac{26.00}{37.27} = 0.697$$

P: Look at Fig. 4.

Table 3. Concluded value of available catch divided by each periods

	φ	S	N_5W_5	P	N_5W_5P	$C_{5\rightarrow}$	C_{3-4}	CAVA	
A	0.1	0.81	54.6	6.1	333.1	33.3	3.5	36.8	$\overline{N}_3\sim 31.24\cdot 10^3$
	0.2	0.72	51.2	4.3	220.1	44.0	7.0	51.0	
$\varphi_m=0.10$	0.3	0.63	47.9	3.2	153.4	46.1	10.3	56.4	head
	0.4	0.54	44.7	2.4	107.1	42.9	13.4	56.3	
	0.5	0.45	41.7	2.1	87.5	43.8	16.4	60.2	
	0.6	0.36	38.8	2.6	77.6	46.6	19.3	65.9	
A	0.1	0.76	58.4	5.1	297.7	29.7	3.9	33.6	$\overline{N}_3\sim 37.27.10^3$
	0.2	0.68	55.1	3.7	203.8	40.8	7.5	48.3	
$\varphi_m=0.15$	0.3	0.60	52.1	2.9	150.9	45.3	11.1	56.4	head
	0.4	0.51	48.8	2.3	112.3	44.9	14.6	59.5	
	0.5	0.43	46.2	2.1	97.0	48.6	17.9	66.5	
	0.6	0.34	43.0	2.0	86.1	51.7	21.1	72.8	
B	0.1	0.81	30.1	6.1	183.6	18.4	3.7	22.1	$\overline{N}_3\sim 18.27.10^3$
	0.2	0.72	26.3	4.3	113.1	22.6	7.3	29.9	
$\varphi_m=0.10$	0.3	0.63	22.6	3.2	72.3	21.7	10.8	32.5	head
	0.4	0.54	19.1	2.4	45.8	18.3	14.2	32.5	
	0.5	0.45	15.7	2.1	32.9	16.5	17.4	33.9	
	0.6	0.36	12.6	2.0	25.2	15.1	20.6	35.7	
B	0.1	0.76	38.2	5.1	194.8	19.5	5.3	24.8	$\overline{N}_3\sim 26.00.10^3$
	0.2	0.68	33.7	3.7	124.7	24.9	10.5	35.4	
$\varphi_m=0.15$	0.3	0.60	29.0	2.9	84.1	25.2	15.4	40.6	head
	0.4	0.51	24.9	2.3	57.3	22.9	20.1	43.0	
	0.5	0.45	21.1	2.1	44.3	22.2	24.7	46.9	
	0.6	0.36	17.0	2.0	34.0	20.4	29.0	49.4	

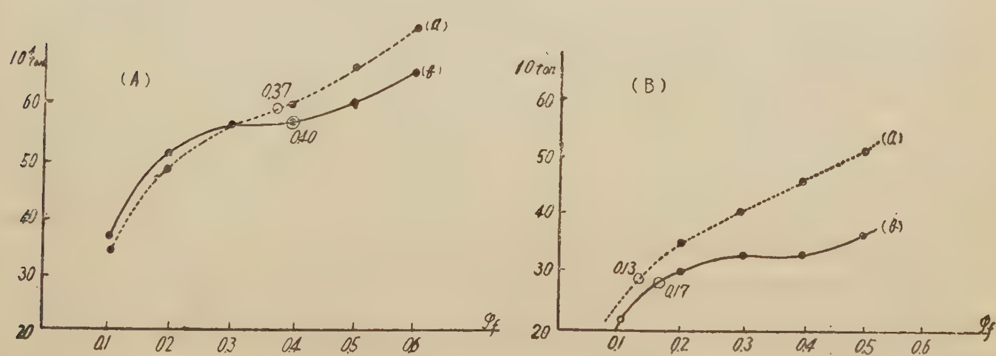


Fig. 3 CAVA (1916′……1935′) CAVA (1936……1949)

Remark : CAVA is Available catch o is results φ_f

(a) curve is $\varphi_m=0.015$

(b) curve is $\varphi_m=0.010$

Since relative abandance of t age (more 5) group is s^{t-5} when those of 5 age group is regared as 1, the product of this and relative multitude of age group. proportional multitude of more 5 age groups of avairable herring stock (p) is, therefore, obtained by summation of these values from age 5 to infinity and dividing by

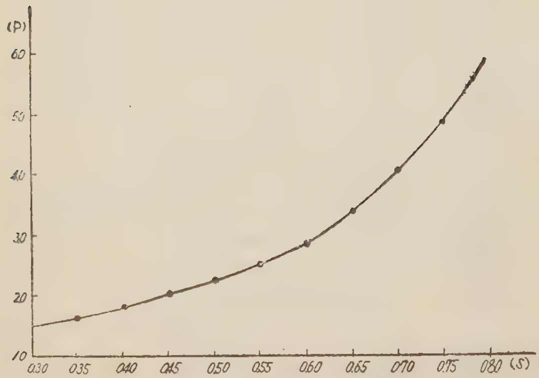


Fig. 4 Relative multitude (P) of available Spring Herring Stock under each Survival rate (S)
UNIT : Available stock of 5 age in weight

total weight of 5 age group ($N_5 \cdot W_s$). and condensed into this formura;

$$P \sim \frac{1}{N_5 W_5} \sum N_5 W_t' S^{t-5}$$

Graphical representation of the relation of p and s is in Fig. 4.

4. Conclusion

1. In potential productivity, (it will be good to think a bulk of mean stock.) berring stock that we utilize now is about 60—70%, of former (1916—1935). (Look at. Table 3 P.P(B)/P.P(A).

2. The present utilization degree is very low for the whole available herring stock, and fishing ratio will be only 15% now, in spite of 40% in former year. Although it will be powerful fishing for spawning shoal come to the West coast of Hokkaido.

3. According to these fact and judge by Table 3, and Fig. 3., increase of CAVA ie production increase is required by magnification of seasonal and spacial fishing field, without no paticular bad effections for the stock. And do not hesitate to increase the economical value by extension of fishing season.

4. It will be think to influence by natural factor, which can not change by human power, tha. the reduction of potential productivity and the change of geographical disposition of stock. And it is remarkable fact that 1934', 1936', and 1936' year class, which show the steepest death curve, are the generated year class when sardins were catched to the most northern part of Hokkaido.

5. When we take a glance at 1939' generated year class, which is very excellent in recent years, the increasing tendency is very small (look at Fig. I. 1939). though it must be think considerable powerful fishing locally.

This is just one proof that Hokkaido's and the south Saghalien's herring has same source, I already point out.

6. We conclude that while 1936'—1949', the adding ratio to spawning shoal by 4 years old became very large, (althrough when availability is small), but it is already know by the other fish, when the smaller the stock become, the younger the year become to be spawning.

7. It is rather urgent business, to do examinations and researches of physical-

chomical-and biologicol-factor, which control the potential productivity, than the conceptual countermeasure) now taking.

5. Literatures

(1) Shigeru MOTODA and Isamu TAKEUCHI. Literature catalogue on Herring. Bulletin of Hokkaido Regional Fisheries Reserch Laboratory (1950).

(2) Akio ISHIDA. Biological survey of Herring Fisheries. Fisheries science series No. 4. Research Division, Fisheries Agency, Japan. (1952).

(3) Yoshimi HIRANO. The Herrings. Hokkaido Regional Fisheries Reserch Laboratory (1949).

(4) Karafuto-chiyo. Statistics of Karafuto Fisheries Agency, Karafuto (1924—44).

(5) Keishin FUJITA and Seiji KOKUBO. Morphorogical investigation of Herrings. Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University **1**, 1 (1927).

(6) Yoshimi HIRANO. About the growth of Herrings. Journal of the Hokkaido Fisheries Scientific Institution **5**, 9 (1948).

(7) Morisaburo TAUCHI. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries **13**, 5 (1949).

(8) Sakae SATO and Ko TANAKA. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries **14**, 3 (1948).

(9) F. I. BARANOV ; On the question of the biological basis of fisheries (1918).

(10) W. E. Ricker ; Methods of Estimating vital statistics of Fish population. Indiana. University (1948).

(11) Herring Dep. Hokkaido Fisheries Scientifc Instution. Vital statistics of Herring.

(12) Hiroaki Aikawa. Rate of variation in the stock of Hokkaido Spring Herring Bulletin of the Japanese Socicty of Scientific Fisheries **6**, 2 (1936).

(13) Nobuhiko HANAMURA. Estimation by sample of logarithmic normal distribution in fisheries, Mar. (1953).

内湾漁獲物の組成について*

花岡　資
（内海区水産研究所）

On the Trophic Composition of Catched Fishes

Tasuku HANAOKA

The author reported in the previous paper that total weight of catch except that of shells and weeds from various bays of Japan was proportional to annual average quantity of suspensoid in the water of the bay. Accordingly, it is disirable for fisheries economics to have a fish population in the bay of such composition as to be expected to give the most valuable products, since the weight of catch in total is controlled by the condition of the bay.

Here the species in the catches in 1949 from various bays in Japan are grouped into three trophic categories, plankton-feeder (2nd consumer which feeds on producer the plants and 1st consumer) benthos-eater (3rd consumer) and pisci-predator (from 3rd or 4th to higher consumer). And a equation.

$$C=2+7.3K+27K^2$$

is obtained, where C is percentage fraction in weight of the 3rd group and $K=Cl_0 \cdot D \cdot B/10000$ (Cl_0 is annual average of Cl ‰ in the surface layer of the bay, D the average depth in m. and B the breadth in km. of the mouth of it). The more oceanic character has a bay, the more increases the C-value until it attains to Ca. 30 the value for all coastal fisheries in Japan in 1949. While this value for past 35 years varies from 11 to 33 as shown in Fig. 2, where it is compared with the results studied by H. S. SWINGLE on the populations in 88 fertilized ponds in Alabama, United States, though the correlation between those in sea and fresh-weter ponds is not clear.

The effect of change in C-value in outside water upon that in bay, and the cause of such change in the sea are left for future study.

著者は前に内湾生産力（但し介，藻類を除いた単位面積当り年漁獲量）はその内湾の性格に応じた一定のものを有し，又之はその内湾の持つ水中懸濁物の年間平均量によつて標示出来ることを述べた。[1] このように総漁獲物の合計重量が或る一つの indicator で示し得るような量にあるとすれば，こゝに問題となるのはその重量を構成する各生物種の組成であろう。生産総量の経済的価値を最大にするような組成が水産として最も理想的なものである筈である。生産力的に見た場合の組成としては先ず各生物の tropholevel 上の位置による組分けが考えられる。しかし同じ tropholevel 上の生物であつても，水産として価値のあるものも，又全く価値のないものもある。特に低い tropholevel 上のものはそうである。各 level に属する生物の中から，全く人為的に“価値あり”とされるものを抜き出して合計したものが漁獲物乃至漁獲量として表わされるのであると考えられるから（特に沿岸や内海内湾の漁獲物はそうであろう），producer から一次，二次 consumer へと順に高次のものへ，各 tropholevel の生産力を理想的に追求し得たとしても，各 level を構成する生物の組成如何によつて，水産的生産力の大いさは如何様にもなり得る筈である。此の点が，管

1953 年 4 月 24 日受理（印刷費負担） * 内海区水産研究所業績

理をよくすることが出来る田畑や牧場乃至養魚池のように，有用な producer 又は第1次 consumer だけの場合と，水産が非常に異る点であると考える。従つて又逆に漁獲物の組成の比較は直接は水面の生産力と関連させることが出来ないということになるが，長年代の経過を経て今日或る程度一定した生物種を対象としているのであるから，そこに互に何かの相関々係が成立してゐることを予想し得なくはないであろう。そしてその関係は水面の一般的生産理論だけからでなく，当然漁獲物そのものゝ研究を必要とすると考える。

以下は此の意味から漁獲物に現われた組成についての一つの観察である。

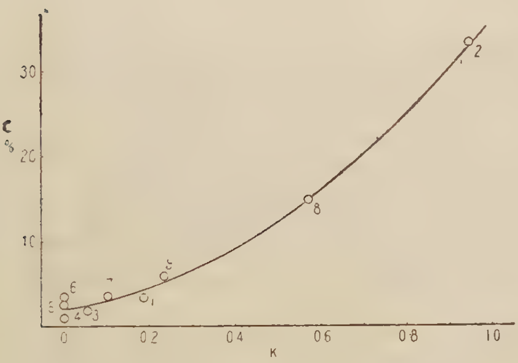


Fig. 1 Relation between C and K
Curve : Calculated
Circle : Observed (Nos. represent the bay shown in Table 2)

魚類其他の生物の tropholevel 上の位置従つて又食性は確然としたものを定めることは困難であるが，大略して plankton-feeder，benthos-eater 及び Pisci-predator に分けることとする。plankton-feeder は生産者たる phytoplankton や之を食べる zooplankton の如き第一次 consumer を餌とするものとして大体第2次の consumer と考えられよう。benthos-eater は phyto- 及び zooplankton を食べる benthos を摂取するものとして第3次 consumer, piscivorous のものは略第3次及第4次以上の consumer と考えられよう(第1表)。このように分類して漁獲物がどんな組成を有するかを昭和 24 年全国各地の内湾漁獲物の記録[2] についてみると第2表のようである。即ち内湾の中でも外洋性の性格の強いもの程 piscivorous のものゝ%が高く，その最高のものは同年の全国沿岸総漁獲物についての値 29% と略一致してゐる。従つて逆に所謂内湾性が強くなる程この値は低くなるのであるが，内湾度の強弱を何で表わすかは問題としても，上記の各値（%）については，今，年間の表面 Cl ‰ の平均値を $\bar{Cl_0}$，その湾の平均深度（m）を $\bar{D}$，湾口の幅（km）を B とすると，漁獲物中の piscivorous 生物の重量 %（C）は略

$$C=2+7.3K+27K^2 \quad (\text{玆に } K=\bar{Cl_0}D\cdot B/10000)$$

で表わされる曲線上に分布している（第1図)。

C に属する魚は主として外海性のものであるから，内湾漁獲物中のそれ等の混獲率が Cl_0 や C 或は B に関係するということは考えられることである。上式で K の値が大になるにつれ C は大きくなり，外海沿岸性の値 33 に近づき，$K \geqq 1.16$ は全て外洋性湾と考える。K の値のうち C と B は各内湾について一定であるから一つの湾については K の値は Cl ‰ によつて決定される。即ち前報のように，内湾の総漁獲量は懸濁物量によつて定まり，こういうような組成は，その湾の本来有する性格で略決つているが，$\bar{Cl_0}$ の変動によつて変化するわけである。しかし内湾はその位置や河川との関係其他地形的の性格によつて $\bar{Cl_0}$ も略一定でそう大きな変動はないと考えられるから，内湾の海況に大きな変化を及ぼすような変化のない限り，C の値は湾の性格によつて略一定の組成をもつと考えて好いであろう。

外湾があつてその奥に更に内湾をもつような場合，例えば東京内湾のようなものは C の値は実際の漁獲物中の piscivorous の%よりも大きく出る。之は計算値は湾口が直接外海に開いているとした場合の値であるから，B の weight が変つて居て或る facter を乗ずべきものであることを示すものであろう。瀬戸内海に於ける場合も，例えば紀伊水道の奥に更に大阪湾或は幡摩灘があるというような場合も同様で，計算上紀伊水道は $K>1.16$ で $C=33$ となるから之を直ちに外海と見て大阪湾を計算すると実際よりは多少大きくなる。幡摩灘についても同様である[3)4)]。浦賀水道や紀伊水道のように内湾と外海との中間に位する湾に

Table 1. Organisms of each group of three Categories, appeared in statistic tables.

1st Group : Planpton-feeder

マイワシ (*Sardinia melanosticta*), カタクチイワシ (*Engraulis japonica*) ニシン (*Clupea pallasi*), サッパ (*Harengula zunasi*), シラウオ (*Salangichthys microdon*), ワカサギ (*Hypomesus olidus*) サヨリ属 (*Hemirhamphus*), サンマ (*Colorabis saira*), トビウオ (*Cypsilrus agoo*) サバ (*Scomber japonicus*), アジ科 (*Caranginae*), ヒイラギ (*Leiognathus nuchalis*) アオギス (*Parbis quamis*), トラギス (*Parapercis pulchella*) イカナゴ (*Ammodytes personatus*) 小エビ (*Small shrimps*) アミ類 (*Mysidacea*)

2nd Group : Benthos-eater

コノシロ (*Clupanodon punctatus*) ウナギ (*Auguilla japonica*) アナゴ科 (*Congiridae*), ボラ (*Mugil cephalus*), イシダイ (*Opleguatus fasciatus*) ニベ属 (*Nibea*), キス属 (*Siliago*), タイ科 (*Sparidae*), イトヨリ (*Nemipterus virgatus*) イサキ (*Parapristipoma trilineatus*) ベラ科 (*Labridae*) アイゴ (*Siganus fuscescens*) カワハギ (*Monacanthus cirrhifer*) マフグ属 (*Sphaeroides*), メバル (*Sebastodes inermis*) カサゴ (*Sebastiscus marmoratus*), アイナメ (*Hexagrammos otakii*) ホッケ (*Pleurogrammus azonus*) コチ科 (*Platycephalidae*) カナガシラ (*Lepidotrigla*) ホウボウ (*Chelidonichthys kumu*) ハゼ科 (*Gobidae*) ギンポ (*Enedrias nebulosus*), ヒラメ科 (*Bothidae*), カレイ属 (*pleuronectinae*) スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*), イセエビ (*Panulirus japonicus*) クルマエビ (*Penaeus japonicus*), シャコ (*Squilla oratoria*) カニ類 (*Crabs*) タコ類 (*Devil-fishes*)

3rd Group : Pisci-predator

サメ類 (*Asterospondyli*) エイ類 (*Batoidei*) サケ属 (*Oncorrhynchus*), マス属 (*Salmo*), ダツ (*Athlennes anastomella*) エソ科 (*Synodontidae*), カマス属 (*Sphyraena*) カツオ (*Katsuwonus vagans*) ソーダガツオ属 (*Auxis*), マグロ科 (*Thunnidae*), サワラ (*Sawara niphonica*), タチウオ (*Trichiurus haumela*), カヂキ類 (*Xiphiformes*), シイラ (*Coryphaena hippurus*), ブリ属 (*Seriola*) スズキ (*Lateorabrax japonicus*) ハタ属 (*Epinephlis*) タラ (*Gadus macrocaphalus*), アンコー (*Lophiomus setigerus*) イカ (*Squid*)

Table 2.

Name of Bay	Year	Plankton-feeder	Benthos-eater	Pisci-predator	$\overline{Cl_0}$	$\overline{D}$	B	K
1. Tokyo B.	1947	64.2%	31.6%	3.4%	17.3	14.1	7.7	0.186
2. Mutsu B.	1949	22.6	29.2	33.6	18.5	34.0	15.0	0.946
3. Kesenuma B.	〃	80.0	12.9	1.79	18.5	12.8	2.5	0.057
4. Kamo-ko	〃	87.1	12.5	0.94	13.1	5.4	0.03	0.0002
5. Hamana-ko	〃	44.0	35.2	2.68	10.3	5.0	0.3	0.0015
6. Nakano-umi	〃	45.5	47.2	3.68	9.2	4.3	0.7	0.0028
7. Mikawa B.	〃	42.0	23.5	3.60	14.2	8.6	9.0	0.110
8. Sukumo B.	〃	73.6	1.46	15.0	18.2	33.0	9.5	0.570
9. Yatsushiro B.	〃	71.1	15.7	5.98	16.1	29.0	5.0	0.234

ついては，外海からの影響と共に更に内湾からの影響をも考えねばならないであろうし，又その値を外海と考えた場合の内湾の C の値を計算する必要があろう。

米国で溜池や小湖沼に施肥する場合，一旦排水して改めて藻食性の小魚と肉食性の魚とを放養するが，この際，後者がその重量%に於て 20(14～25) 前後の場合に好結果を得る場合が極めて多い[5] とされる。又田中小治郎氏は雷魚を溜池で養殖する時，取揚の際の雷魚の重量が，その池の全漁獲量の 13～19% になるように予め放養すれば，収量は雷魚を入れない場合よりむしろ増加するという結果を得ている[6]。之等は何れ

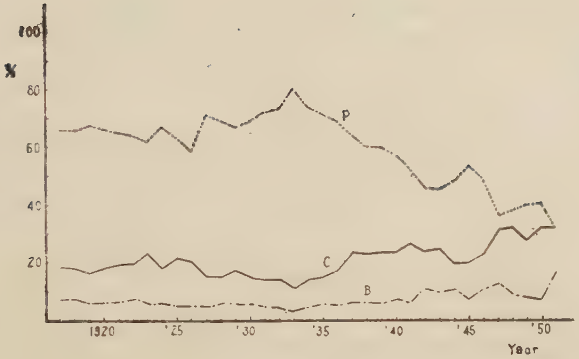


Fig 2. Variation of composition of total coastal fisheries catch in Japan
P : Plankton feeder
B : Benthos eater
C : Pisci-predator



Fig 3. Variation of "*C*" value for annual catch of all coastal fisheries in Japan
Thick line : "*C*" weight of all piscivorous animals /total catch
Thin line : "*C*" without cuttle fish=Weight of all piscivorous animals without cuttle fish/total catch
Dotted line ; Variation of annual total catch.
Range A : Range in balanced population.
〃 O : Overcrowded by carnivorous species.
〃 C : 50% overcrowded by carnivorous sp.
〃 D : Most desirable range
〃 U : All population unbalanced
〃 U_0 : In unbalanced population, overcrowded by intermediate and/or small herbivorous sp.
〃 U_p : In unbalanced population, herbivorous sp. were disappearing under predation.

も淡水の場合であるが，海にも同様の関係があるとすれば，生産力が高能率に漁獲量として表われるのは矢張り *C* が此の程度の%である時と仮定出来よう。若しそう仮定するとすれば第1図に於て左方に偏している各湾は $\overline{Cl_0}$ が増す程 *C* は optimum に近づくことになり，右方のものはその逆になることになる。即ち外海沿岸や陸奥湾の如きは降水等によつて $\overline{Cl_0}$ が減ずる方が水産的の生産能率がよく，反対に浜名湖其他は降雨少く，多少外海水の影響がある時の方が好ましいことになる。しかし勿論実際の総漁獲量は何かの原因によつて懸濁物に変化があれば変化する。香川県内海沿岸での昭和 21 年から 25 年迄の記録の *C* の値と総漁獲量との間の相関は +0.7（危険率 0.1），広島県の場合 +0.5（危険率 0.4）を得た。之は総漁獲量をそのまゝとつて懸濁物を考慮してゐない点即ち水そのものゝ生産力の変化を無視してゐる点甚だ不適当であるが利用出来る好い統計資料や海況の観測結果を得られなかつたので試みたものにすぎない。*

全国沿岸漁獲物についての組成は昭和 24 年は前述のように 29% であるが，過去 35 年間の此の値を計算してみると第2図のように可成りの変動を示している。

1950 年に SWINGLE は米国 Alabama の施肥によつて fertility を一定に保たした 88 個の池の魚の全 population につき種々興味ある数値を出しているが[7]，そのうちその Fertility から期待し得るに近い漁獲量をあげている池，所謂 balanced population を持つ池 55 個について piscivorous の魚とそれ以外の魚の重量比とその池の経済価値との関係を論じてゐる。その結果を上記我国沿岸漁業に於ける *C* の長年変化の図に対比させたものが第2図右側のものである。溜池での情況が海にもあてはまるとすると，本邦沿岸漁業漁獲物の組成は従来は非常に好い性質のものであつたが近年は balanced population の範囲を外れたわけではないが，稍 optimum range を逸脱してきた傾向にある**。しかし海に於ける之等の関係，並に外海沿岸の *C* の値の変化か内湾に於け

* 農林省統計調査部各県事務所の資料による。

** 之には近年のイカの多獲が大きく影響している。

る C の値に如何なる影響を及ぼすものか，又海に於ける此の変動の原因等についての適確な説明は全く今後の問題である。内湾で C の値が低いということは，一溜池内でもその population の分布は場所によつて異り，岸近くの浅い所には肉食種は比較的少いということ[5] と同じような意味に考えて好いのではなかろうか。

終りに当り，東大教授末広博士には魚の食性につき御教示をうけ，又同大島博士には文献につき御配慮を得た。記して厚く感謝申上げる。

文　　献

1) 花岡資：内湾生産力の標示について：内海区水研報告，1，42～53 (1952).
2) 内海区水産研究所：内湾生産力調査要報 (1951)
3) 瀬戸内海漁業調整事務局：瀬戸内海の水産統計資料 No. 1 漁獲統計 (1952).
4) 内海区水産研究所：瀬戸内海水産連絡調査要報第 1～3 号 (1951～1952).
5) H. S. Swinge: Relationships and Dynamics of Balanced and Unbalanced Fish Populations. Bull No. 274. Agri. Exp. Stat. Alabama Polytech. Inst. 1～73 (1950).
6) 田中小治郎：讃岐特産としてのタイワンドジョウ増殖方法の研究：香川水試事業報告 1. 2～44 (1951).

石狩川のサケの二三の魚群と脊椎骨數及びウロコの数について

久保達郎・小林哲夫
(北海道大学水産学部)(北海道サケマスふ化場)

Some Populations of Dog Salmon (*Oncorhynchus keta* (WALBAUM)) in Ishikari River System, Hokkaido, and the Numbers of their Vertebrae and Lateral-line Scales

Tatsuro KUBO and Tetsuo KOBAYASHI

In the mean number of vertebrae and lateral-line scales, the salmon of the main river and a tributary, Toyohira River fairly exceed those of another tributary, Chitose River: and the the mean number of vertebrae of the fry of naturally reared populations in the main river is more than that of the fry which were produced in the hatcheries (Chitose and Otoe).

Without regard to the effect of any factor, the salmon of Ishikari River System constitute two populations at least, which are different from each other, and so, evidence available indicates that the mature salmon mostly ascend the home river in which they were yielded, during their spawning migration.

I 緒言

石狩川水系のサケには河川の別によつて二三の独立した魚群の認められる事は久保[1]が本研究の予報に於て示したが，その後成魚の計測の資料も増し，又稚魚の標本についても観察し得たので，ここで脊椎骨数と側線部のウロコの数とサケの魚群との関係を論ずる。

本文に入るに先立ち，研究の機会を与えられた元北海道水産ふ化場長木村鎚郎，北海道水産ふ化場長荒井定治の両氏及び標本の準備に御厚情を賜つた佐野誠三，小林教司，広重兼太郎，東幸吉の諸氏，又魚体計測に御手伝下さつた伊藤嘉郎，海道武吉郎，登石英治の諸氏に厚く謝意を表する。

II 材料及び方法

一般に成魚は採卵場に於て捕獲された親魚より適宜抽出して塩蔵し，実験室に於て観察した。ウロコの数の計測は現場に於て生鮮の材料によつた事が多い。稚魚はふ化場の飼育池及び川岸を游泳中のものを無選択にすくい取り，アルコール又は中性ホルマリン溶液で固定し，アリザリンレッドで染色して観察した。計測の基準は脊椎骨の場合は第1図及び久保[1]により，ウロコの場合は佐野・久保[3]によつた。又千才川のサケには前期後期の二群があると言われているので，成魚稚魚共に前期のものに相当する材料を用いた。但し昭和26年1月の材料は例外である。

III 観察の結果

1. **成魚の脊椎骨数**: これには性，体の大小，季節，年級，年次等の別によつて差があるか否かを吟味す

1953年4月30日受理(印刷費負担)

れば，第 1~5 表の示す通り t 検定及び分散分析の結果何れも判然とした差異が認められない。従ってここで各河川に関して比較をすれば，第5表及び第2図を一見して判る通り，毎年同じ状態の差異が認められ，各年の総平均値を相互に比較すれば，千才川のサケと千才川，豊平川の両川の合流する石狩川本流の上流（以下単に本流と略記）のサケとは明に脊椎骨数に於て異る（$t=7.41$；$t_{0.01}=2.605$）．又豊平川のサケの脊椎骨数は千才川のサケのそれよりも多い（$t=4.83$；$t_{0.01}=2.605$）が，本流のサケのそれよりやや少い。即ち本流のサケと豊平川のサケとの差異は強く言い切れないが，千才川のサケと本流及び豊平川のサケとの差異は明白である。

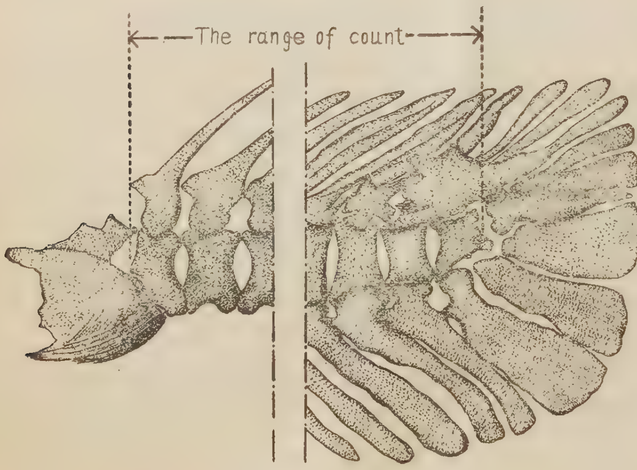


Fig. 1 Vertebrae of salmon adult.

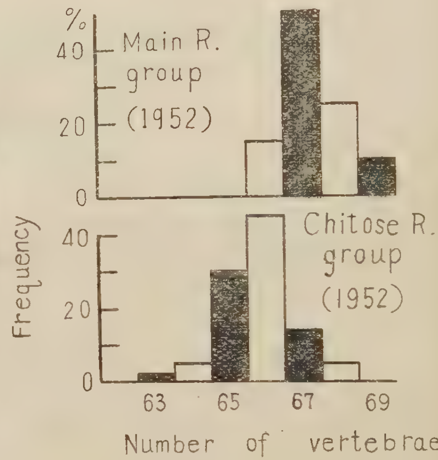


Fig. 2 Difference of vertebrae number between river groups of salmon adults.

Table 1. Variation of vetebrae number according to sex (Chitose River, 1952)

Sex	Vertebrae number								No.	Remarks
	63	64	65	66	67	68	S.M.	S.S.		
Female		1	11	17	5	3	65.95	31.90	37	$t=1.66$；$t_{0.05}=2.00$
Male	1	2	7	10	3		65.52	22.02	23	

Note, S.M.: Sample mean S.S.: Sum of squares of deviations from the mean
No.: Number of fish

Table 2. Variation of vertebrae number according to size (Chitose River, 1952)

Total length cm.	Vertebrae number								No.	Remarks
	63	64	65	66	67	68	S.M.	S.S.		
75.0—65.5	1	1	10	11	6	2	65.84	55.88	31	$t=0.43$；$t_{0.05}=2.0$
65.4—56.5		2	9	15	2	1	65.69	22.73	29	

Table 3. Variation of vertebrae number according to season (Chitose River, 1952)

Date	Vertebrae number								No.	Remarks
	63	64	65	66	67	68	S.M.	S.S.		
Oct., 1952		1	8	12	4		65.76	15.62	25	$t=0.152$；$t_{0.05}=2.00$
Nov., 1952	1	2	10	15	4	3	65.80	42.64	35	

Table 4. Variation of vertebrae number according to year class (Chitose River)

Year class	Age group	Vertebrae number								No.	Remarks
		63	64	65	66	67	68	S. M.	S. S.		
1948	4		5	8	6	3				22	
	5			1	1	2				4	
	Tolal		5	9	7	5		65.46	26.68	26	$F=0.81$; $\left(\begin{array}{l}F_{0.05}=3.11\\F_{0.01}=4.88\end{array}\right.$
1949	4	1	1	9	13	3	2	65.78	22.72	29	
1950	3		2	8	12	4	1	65.76	31.38	27	

Table 5. Vertebrae number of salmon adult

Locality and Year		Vertebrae number									No.	Remarks
		63	64	65	66	67	68	69	S. M.	S. S.		
Nishikoshi Chitose R.	1949		1	9	7	3			65.60	19.20	20	$F=2.91$; $\left(\begin{array}{l}F_{0.05}=2.68\\F_{0.01}=3.94\end{array}\right.$
	1950	1	3	7	9				65.20	15.20	20	
	1951		6	12	9	3			65.30	24.39	30	
	1952	1	3	18	27	8	3		65.78	56.23	60	
	Total	2	13	46	52	14	3		65.55	116.50	130	
Otoe Main R.	1950		2	3	7	12			66.57	37.52	24	$F=3.13$; $\left(\begin{array}{l}F_{0.05}=3.19\\F_{0.01}=5.09\end{array}\right.$
	1951			1	1	1	2	1	67.17	10.86	6	
	1952				3	10	5	2	67.30	14.29	20	
	Total		2	4	11	23	7	3	66.76	61.19	50	
Kareki Toyohira R.	1949			5	7	6	1	1	66.30	21.80	20	
	1950		1	5	11	4	5	2	66.47	45.20	28	
	Total		1	10	18	10	6	3	66.40	67.62	48	

2. 成魚の側線部のウロコの数：久保[1]が予報に於て論じている通り，性，年齢，年級，体の大小の別による変異は明でない。ここで更に年次の別による差の有無を分散分析により検定すれば第6表の示す通り 1%の危険率に於ても千歳川のサケの一部に差異が認められるが，元来ウロコの計側の場合には脊椎骨の場合と異つて測定誤差及び個人誤差を多少とも含むのが常である故，前記の差異は必ずしも本質的なものと考える事が出来ず，しかも千歳川のサケは毎年同じように他の川のサケと異つたウロコの数を示しているからウロコの数の場合も脊椎骨の数と同様に同一河川の中では年次の差による変更を無視して大きな誤はないと考えられる。従つて各河川のサケについて総平均を比較すれば，千歳川のサケと本流のサケ（$t=7.03$；$t_{0.01}=2.6$）及び豊平川のサケ（$t=3.83$）との間の差異は明である。しかし本流のサケと豊平の川サケとの間の差異は明でない（$t=0.967$；$t_{0.05}=1.97$）。

3. 稚魚の脊椎骨数：第7表に示す通り石狩本流の上流に於て天然に発生した稚魚*は本流に属する音江ふ化場及び千歳川に属する千歳ふ化場に於て人工ふ化された稚魚よりも脊椎骨数に於て大である。

4. 脊椎骨数と側線部のウロコの数との関係：第8表の示す通りその標本相関係数は 0.68 となり，母相関係数を O とした仮設は極めて小さい危険率に於て棄てる事が出来る（$t=7.07$；$t_{0.001}=3.39$）。

Ⅳ 考　　案

魚類の体節数の変異についてはかなり古くより色々の実験考察がなされているが，特に最近 TÅNING[4] は

* 時期及び場所より考えて人工ふ化によるものではない事が明である。

Table 6. Lateral-line scale number of salmon adult

Locality and Date	Lateral-line scale number																						No.	Remarks
	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	S. M.	S. S.		
Chitose River																								
Oct., 1948		2	1	5	7	5	6	3	2	1	2										134. 12	169. 55	34	
Oct., '49			1	2	9	3	9	3	2												134. 17	64. 17	29	$F=4.81$
Oct., Jan, '50	1	1	8	12	7	9	9	4	3	—	1										133. 40	225. 60	55	$F_{0.05}=2.41$
Nov., '51			2	4	6	3	6	5	3	1											134. 30	106. 39	30	$F_{0.01}=3.41$
Oct., Nov, '52			5	7	3	8	14	6	6	4	2	3	1	1							135. 18	419. 03	60	
Total	1	3	17	30	32	23	44	21	16	6	5	3	1	1							134. 27	1077. 10	208	
Main River																								
Sept., Oct., '46					5	4	8	8	4	11	11	7	3	4	5	2	3	—	1	1	138. 55	929. 35	77	
Oct., '49						1	—	4	6	3	7	3	2	4	2						138. 84	166. 24	32	$F=1.06$
Oct., '50				1	1	1	3	9	11	7	1	2	5	1	2	2	1				138. 0	392. 0	47	$F_{0.05}=2.42$
Oct., '51							2	1	—	—	1	—	—	—	2						138. 50	71. 75	6	$F_{0.01}=3.43$
Oct., '52										5	7	4	1	2	—	1					139. 60	49. 17	20	
Total				1	6	6	13	22	21	26	27	16	11	11	11	5	4	—	1	1	138. 57	1647. 70	182	
Toyohira River																								
Oct., '48				2	2	4	6	6	5	7	6	1	1	2	1	—	2	1			137. 41	491. 35	46	
Oct., '50				2	1	2	1	3	5	7	2	2	2	—	1						137. 29	179. 79	28	
Total				4	3	6	7	9	10	14	8	3	3	2	2	—	2	1			137. 34	682. 68	74	

Table 7. Vertebral number of salmon fry

Date and Locality	Vertebral number									No.	Remarks
	64	65	66	67	68	69	70	S. M.	S. S.		
1/IV, 1952, Asahigawa, Ishikari R.	1	6	12	25	17	2	1	66.95	78.76	64	$t=7.12$; $t_{0.01}=2.61$
2/IV, 1952, Pond of Otoe Hatchery	7	22	43	22				65.85	69.86	94	$t=6.57$; $t_{0.01}=2.623$
3/IV, 1952, Pond of Chitose Hatchery	2	15	23	6				65.72	25.40	46	$t=1.045$; $t_{0.05}=1.98$

Table 8. Correlation table for the relation between vertebral number and lateral-line scale number (Chitose River, 1950—1952)

		Lateral-line scale number														Total
		129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	
Vertebrae number	63			1					1							2
	64			4	3	4	1									12
	65	1	1	2	8	3	6	8	5	1		1				36
	66				3	2	8	16	7	5	1	2	1			45
	67							1	1	4	3		1	1		11
	68										1		1		1	3
Total		1	1	7	14	9	15	25	13	11	5	3	3	1	1	109

$r=0.68$

sea trout について稍細密な実験を行い，又久保[1] 自身も予報に発表以来実験を続けており，水温の高低が主要な因子である事は否定出来ぬが，最近の佐野（未発表）のサケの天然産卵床に関する研究の結果はそれに矛盾するような事実を示しているから問題はかなり複雑である。しかし実際に於て第7表に明な通り，天然産卵による稚魚の脊椎骨数は人工ふ化による稚魚のそれよりも多い。各河川の稚魚と成魚の脊椎骨数の平均値の比較をすれば本流の成魚の総平均は千歳ふ化場の人工ふ化による稚魚と明な差異を示す（$t=5.53$；$t_{0.01}=2.63$）が本流の天然発生の稚魚との間には殆んど差異が認められぬ事（$t=0.89$；$t_{0.05}=1.98$）及び千歳川の成魚の総平均は千歳ふ化場の人工ふ化による稚魚との間に明な差異の認められぬ事（$t=1.22$；$t_{0.05}=1.97$）より推論すれば，各河川の成魚と稚魚の間にはそれぞれ密接な関係のある事が判る。換言すればサケの母川洄帰の習性に対する有力な例証が存在する事となり，しかも成魚に於て毎年同じように河川群間に差異のある事を併せ考えると，サケが母川として支流までも識別すると言う事が出来る。もう一つ注意すべき事は石狩川本流に泝上するサケは現在に於ては人工ふ化によらぬものが多いと言う事で，音江ふ化場の稚魚の脊椎骨数は本流に泝上する成魚のそれと異つている事はその事実を証明している。

側線部のウロコの数の変異と脊椎骨数の変異のそれとは明に同一の傾向を示している事より考えると両者はほぼ同一の要因によつて支配されているようで，従つて魚群系統の関係を論ずる場合にはウロコの数も又一つの基準となる筈である。Mottley[2] は kamloops trout について，又 Wilder[5] は brook trout について水温と側線部のウロコの数との間に判然とした関係のある事を指摘している。実際に千歳川のサケは本流及び豊平川のサケとは側線部のウロコの数のみについて見ても別個の魚群である事が明である。しかしウロコの数の場合は初期発生以後後稚期或にかなり成長してからも変化するのではないかと言う疑問が残され，又変異の幅も大きい。

V 摘　　　要

1. 石狩川水系に於けるサケの数箇の魚群の独立性を脊椎骨数と側線部のウロコの数によつて論じた。

2. 成魚の脊椎骨数と側線部のウロコの数とは共に性，体の大小，季節，年級等の差による変異を示さない。

3. 成魚の脊椎骨数と側線部のウロコの数とに於ては千歳川のサケは石狩川本流及び豊平川のサケよりも少い。

4. 石狩川本流で天然に発生した稚魚の脊椎骨数は石狩川の音江ふ化場及び千歳川の千歳ふ化場でふ化した稚魚の脊椎骨数よりも多い。

5. 脊椎骨数の変異と側線部のウロコの数の変異との間には相関関係がある。

6. 体節数に変異を及ぼす要因は何であろうとも，少くとも石狩川水系に於ては千歳川のサケと本流及び豊平川のサケとはそれぞれ別個の魚群を保ち，それ等の間に甚しい混合がないものと考えられる。この事はサケの母川洄帰の習性に対する強い例証となる。

文　　　献

1) 久保達郎，北大水産．研究彙報，**1**，1—11，(1950).

2) Mottley，C. McC.，*Conture. Can. Biol. and Fish.*，N. S. **8**，253—263，(1934).

3) 佐野誠三・久保達郎，北水孵．試験報告，**1**，1—11，(1946).

4) A. V.，Tåning，Nature，**165**，28—30，(1950).

5) D. G.，Wilder，*J. Fish. Res. Bd. Can.*，**9**，169—203，(1952).

An Age-determination Basing on Scale-analysis of a Common Cyprinid Fish, *Hemibarbus barbus* (T. et S.)*

Itsuo KUBO, Haruhiko UEMOTO, and Kaichirō WATANABE
(Tokyo University of Fisheries)

Nothing of fishery biological study of this fish has been done; hence our investigation dealing with 158 specimens mostly taken by set net and others from the Lake Kasumigaura in the years 1947, '51, and '52. Size of the specimens ranges from 1.6—45.0 cm in body-length. From each specimen, 5 scales, from 13th to 17th ones, of the row just above the lateral line of left side were removed, and the most suitable one among them is chosen for measurement. Mensuration method is as follows: —Body-length (L) of the fish is ascribed to standard length in mm. Scale-length (R) is of distance from the focus to the forerim, and the radii (r_1, r_2,…… r_n) from the focus to the anterior edge of each annulus. Mensuration and reading of the scales examined were made by aid of a projector under an enlargement of 20 times. The reading of the scale of this fish is subject to very ease as the resting zones of the annuli are well defined by possession of branched and broken circuli.

Relation between lengths of body and scale

The scale-length is of positive allometry in relation to body-length. The relation between L and R may be expressed by the following formula, $R=0.0289L^{1.3733}$.

Seasons of yearly ring formation and spawning

To reveal the time of yearly ring formation, the terminal indexes, $R-r_3/R$ were measured dealing with the scales of r_3—fish only. The minimum of the indexes are found to exist on the scales of the fish captured on April 12. Accordingly it appears to be that the ring formation of this fish takes place during the spring time of such month.

The breeding season of this fish is generally known as being from May to June. Since it may be said that the annuli indicate the age of the animal in complete year.

*, Details of this study will be appeared in the Journal of the Tokyo University of Fisheries, 40 (1), 1953. This investigation has undergone th grant ine aid for foundamental scientific research from the Ministry of Education.

1953 年 5 月 21 日受理 (印刷費負担).

Relation between annulus number and body-length

The values of r are subject to a considerable variation, and there is a trend that the variation becomes successively larger with advance of the order of this item. But the frequency distribution of each group of r_1—r_3 has been revealed to be well defined each other, though the groups of r_3 and r_4 are not well separated as shown in the Fig. 1. The mean (M) and $M \pm 3\sigma$ (given in parentheses) of calculated body-length corresponding to each of r_1—r_5 are 10.58 (5.19—14.15), 19.35 (12.91—24.59), 27.14 (18.66—34.61), 29.6 (10.25—44.82), and 41.50 (40.5—45.0 in actual range) cm respectively. On the other hand, the means of actual body-length of each group assorted by annuli number of scale are 16.61, 22.41, 28.10, 29.80, and 42.75 cm respectively. These both calculated and actual means should be in accordance if the latter is based on the specimens obtained in the season of annulus-formation. As given above, those both means of the r_3—and r_4—groups nearly agree each other as the actual means are based on specimens caught in April, on which or a little before this month the annulus-formation of scale of this fish appears to take place as mentioned already. But those of r_1— and r_2—groups are not found in tally with considerable differences between them. The caues of this discrepancy may be, however, referred to the following respects : the specimens, on which the actual mean of body-length is based, were captured on the months (July, November, and December) far remote from the season of annulus-formation, and growth is much faster in such younger groups than in such older ones.

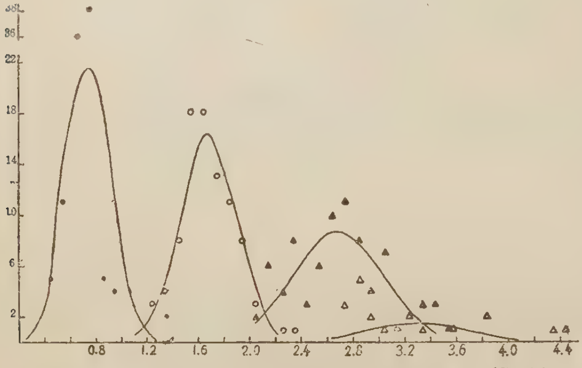


Fig. 1. Frequency distribution of average r_1 (Solid circles), r_2 (Soft ones), r_3 (Solid triangles), and r_4 (Soft ones) assorted by 0.1 mm in relation to the scale-length in mm (Horizontal axis).

Ecological Analyses of Pelagic Shoals*—I. Analysis of Salmon Gill-net Association in Aleutian (2) Distribution of Fishes on the Gill-net

Hiroshi MAÉDA
(Shimonoseki College of Fisheries)

In my previous report, I have discussed upon the results of the quantitative analysis of food of five sorts of salmons, all of which have the common habitat. Here, I want to discuss upon the vertical or horizontal segregation of habitats, distribution of fishes on net, number of shoals caught by the net and the population of shoals, on the basis of the results of my own observations on board the Hôsyô-maru No. 3, one of the investigation vessels of Japan Fishery Co. Ltd. during the period from 20th to 22nd of July 1952 at about 100 miles west of Cape Lopatcka.

Before going further, I must express my hearty thanks to Prof. Dr. D. MIYADI (Kyôto University) for his kind guidance and criticisms given to my work. And also I must record here my sincere thanks to Dr. M. MORISITA (Kyûsyû University) who taught me the statistical method, Prof. Dr. I. MATSUI (Shimonoseki College of Fisheries) and Dr. T. TOKIOKA (Kyôto University) who gave me many valuable advices, Captain Y. SASAKI of the Shyunkotsu-maru, Chief inspector M. TOCHINAI and to Mr. T. ITÔ, the director of the Tenryû-maru fleet, who afforded me many facilities for collecting the data used for this investigation.

Results and Discussion

One hurndred and twenty eight or one more sections of net, each section is *ca.* 80 m long, 7.5 m deep and with meshes about 15 cm. sq. in size, are connected in a straight row and streched in the direction SSW from a certain fishing station in the evening at about 18 h. The haul of the net begins at about 5 h. and it takes about 4 hours to finish the work. During the weighing, I have engaged in recording the vertical and horizontal distribution of fishes.

1) Vertical distribution of fishes on nets

It is imposible, during the weighing, to know the accurate depth, at which each fish was inserted in the net. Therefore, I only divided the vertical distribution

Received May 23, 1953.

* Contributions from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 85

Table 1. Centre depths of shoals, their unbiased estimate of variance and size of sample.

		O. kisutch	O. nerka	O. keta	O. gorbuscha
20～21, VII, '52	$\bar{x}$	0.56	0.56	0.57	0.39
	N	41	43	206	542
	u^2	0.5042	0.5858	0.5093	0.6748
21～22, VII, '52	$\bar{x}$	0.56	0.66	0.53	0.38
	N	113	53	216	929
	u^2	0.5703	0.4978	0.6318	0.7748

$\bar{x}$: centre depths of shoals
N : size of sample
u^2 : unbiased estimate of variance

into three parts by eye-measurment, namely the shallow, middle and the deep ones, and recorded the position of each fish in these terms. The fishes inserted at the upper or lower portions of the middle part are unable to escape misjudgment to be classified into the shallow or deep part respectively. Consequently the number of the fishes in the middle part is easily estimated too small. It is somewhat doubtful whether fishes are actually distributed in the manner as shown by the data obtained by such recording, or not. However, according to E. S. PEASON and T. EDEN and F. YATES, the ordinal methods for analysis of variance can be applied even on the population of considerably asymmetrical non-normal distribution, without any treatment to transform the variates, and promises the results, without decreasing the efficiency. Actually there was no conspicuous difference on the vertical distribution of fishes in each section of the net. Thus, I considered a row of nets as one group and calculated the centre depth of the shoal, $\bar{D}_i$, of each species in each time, under the following definition :

$$\bar{D}_i = \frac{s_i \times 1 + m_i \times 0 + d_i X(-1)}{s_i + m_i + d_i}$$

s_i is the individual number of species " i " in the shallow part.
m_i is the individual number of species " i " in the middle part.
d_i is the individual number of species " i " in the deep part.
i : *Oncorhynchus nerka*, *O. keta*, *O. gorbuscha* and *O. kisutch*.

Then, in order to find whether the inter specific differences found in the centre depth can be regarded as significant or not, F_0 is calculated to be 12.73, setting $\bar{D}_{nk} = \bar{D}_{kt} = \bar{D}_{gb} = \bar{D}_{ks}$ as the null hypothesis, and compared with values in F-table. After this treatment it becomes clear that the inter specific differences can be said as significant at 0.05 level of significance. Then, the inter specific differences found in the centre depth, except *O. gorbuscha* being far apart from others, are examined by the same procedure and concluded as being insignificant. The centre depth of *O. gorbuscha* shoal seems to be considered a little deeper than those in other species which are swimming about in the same depth ; namely *O. gorbuscha* segregates its habitat vertically from those of others but the rests do not segregate their habitats one another.

2) Horizontal distribution of fishes on nets

1. Horizontal segregation of habitats

To simplify the problem, it is supposed provisionally that every shoal is completely composed of a single species or at least of a predominant species and others of a negregible number. When a shoal is actually composed of several species of nearly equal quantity, it is not regarded as one shoal but treated as several shoals respectively consisting of a single species. If the shoals of different species are distributed independently one another, the correlation coefficient between each haul of respective species in each section of the net becomes 0 or near about so. If several species are distributed in the same manner in sections of the net, they are considered to occupy horizontally a common habitat and the correlation coefficient become about 1. The correlation coefficient becomes—1, when several fishes segregate their habitats horizontally. Thus, we are able to know the degree of similarity of habitats from the values of the correlation coefficient. Therefore, I calculated the correlation coefficient between each haul of respective species of salmons on 3, 4 and 5 sections of the net, which were used as the unit length. Then, their significance levels and in-

Table 2. Index of horizontal habitat similarity.

Species (i−j)	Unit length (Section)	γ_{i-j}	Significance Level	Examination of independence				
				x_0^2	Level of independence	ρ	x^2—test	Determined
gb−kt	3	0.321	0.05	4.3277	0.05∼0.02	1	?	1
	4	0.451	0.01	6.5088	0.02∼0.01	1	—	
	5	0.437	0.05	4.7742	0.05∼0.02	1	?	
gb−nk	3	0.196	—	1.6135	0.3∼0.2	—	0	0
	4	0.207	—	1.3711	0.3∼0.2	—	0	
	5	0.309	—	2.3870	0.2∼0.1	—	0	
gb−ks	3	0.145	—	0.8831	0.5∼0.3	—	0	0
	4	0.163	—	0.8502	0.5∼0.3	—	0	
	5	0.148	—	0.5476	0.5∼0.3	—	0	
nk−kt	3	0.250	0.1	2.625	0.2∼0.1	?	0	0
	4	0.346	0.05	3.8309	0.05	1	?	
	5	0.221	—	1.2210	0.3∼0.2	—	0	
kt−ks	3	0.436	0.01	7.984	0.01∼0.001	1	—	1
	4	0.302	0.1	2.9185	0.1∼0.05	?	?	
	5	0.493	0.01	6.0760	0.02∼0.01	1	—	
nk−ks	3	0.197	—	1.6300	0.3∼0.2	—	0	?
	4	0.452	0.01	6.5377	0.02∼0.01	1	—	
	5	0.274	—	1.8769	0.2∼0.1	—	0	

gb : *Oncorhynchus gorbuscha* kt : *O. keta* nk : *O. nerka* ks : *O. kisutch*

γ_{i-j} : correlation coefficient between each haul of species "i" and "j".

dependence levels were estimated. The maximum difference due to the difference of the unit length is observed between $r_{nk-kt(3)}$ and $r_{nk-kt(4)}$, although this difference can not be regarded as significant ($P_r\{t>1.15\}=0.250>0.025$); namely, in this calculation, the difference of the unit length does not cause any significant difference upon the correlation coefficient. Most of values take slightly positive values, but r_{kt-ks} and r_{gb-kt} are significant; r_{nk-ks} is not only non-significant but also non-independent, while r_{nk-kt}, r_{gb-nk} and r_{gb-ks} are independent. These correlation coefficient seem to be arranged apparently in the following order:——$r_{kt-ks}>r_{gb-kt}>r_{nk-ks}>r_{nk-kt}>r_{gb-nk}>r_{gb-ks}$. However, the difference betweee the maximum value ($r_{kt-ks(3)}$) and the minimum value ($r_{gb-ks(3)}$) of the same unit length can not be regard as significant ($P_r\{t>1.43\}=0.1528>0.025$). Summarizing the results of these examinations, it may be concluded safely that (1) *O. kisutch* and *O. gorbuscha* take the similar habitat with that of *O. keta*, (2) *O. nerka* and *O. keta* are distributed independently of each other, and the same for *O. gorbuscha* and *O. nerka*, and *O. gorbuscha* and *O. kisutch*, although the difference between the similarity of the habitat between *O. nerka* and *O. kisutch* and that between *O. gorbuscha* and *O. kisutch* is not so pronounced.

2. Analysis of distribution type, number of shoals in unit length and population of shoals.

When the intervals between shoals are relatively longer as compard with the width of shoals and the unit length of the section, the number and population of shoals are easily analysed by writing the graph, the order of the section from one end of the row of nets are indicated in x-axis and the individual number in each section is shown in the y-axis. In this case, however, the graphical method is almost useless, thus these problems need the methods for analysis of statistical population.

A) Analysis of spacial distribution.

In this case, I have employed the MORISITA's methods for analysis of the spacial distribution. If each individual is scattered by chance, the probability of occurrence of other individuals within n sections from a certain individual is represented by the following formula.

$$P_{0-n}=\frac{h\{(2n+1)l-n(n+1)h\}}{l^2}$$

Here, l is the total length of the row of the net and h is the length of each section. Then, p_n and r_n are estimated from the following formulae using the data actualy observed.

$$X_n=\frac{1}{2}\sum_{i=0}^{N}x_{in}$$

$$s=\frac{N(N-1)}{2}$$

$$p_n = \frac{X_n}{s}$$

$$r_n = \frac{p_n - p_{(n-1)}}{P_{0-n} - P_{0-(n-1)}}$$

i : individual order number from one end of the row of net.

X_{in} : the number of individuals appeared within n sections from the i-th individual.

N: total individual number.

When the fishes are distributed at random, r always becomes 1 (represented by type 1 in Fig. 1); when there is a single shoal of self-spacing, it is represented by type 2; when there are many shoals of self-spacing, it is indicated by type 3. When there is a single contagious shoal it takes type 4, while it is represented by type 5, when there are many contagious shoals.

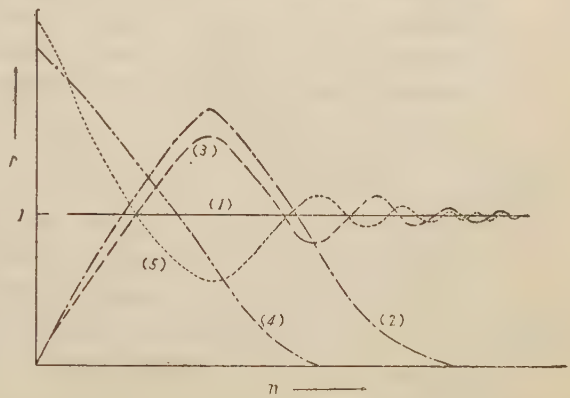


Fig. 1 n-r diagram of each type of shoals.

In actual observations, r of *O. nerka* in the first case is represented by type 1, while it is indicated by type 5 in the other case. Thus, individuals of *O. nerka* are considered in the first case to be scattered by chance, while in the other case, they are composed of many contagious shoals. The other salmons in the both cases are represented

Table 3. Analysis of spacial distribution

A) Cases observed in July 20—21, 1952.

N	$P_{0-n}-P_{0-(n-1)}$	*O. nerka*		*O. keta*		*O. gorbuscha*		*O. kisutch*	
		X_n	r_n	X_n	r_n	X_n	r_n	X_n	r_n
0	0.007813	7	0.9920	293	1.7766	1436	1.2518	18	2.8096
1	0.01550	21	1.5006	530	1.6194	2416	1.0632	24	1.8884
2	0.01538	16	1.1521	382	1.1762	2520	1.1177	10	0.7929
3	0.01526	20	1.4515	391	1.2136	2297	1.0269	10	0.7991
4	0.01514	21	1.5363	420	1.3137	2322	1.0462	17	1.3692
5	0.01501	12	0.8854	335	1.0570	2287	1.0392	20	1.6249
6	0.01489	8	0.5950	300	0.9543	2176	0.9940	10	0.8190
7	0.01477	18	1.3494	342	1.0968	2173	1.0034	13	1.0731
8	0.01465	15	1.1338	274	0.8860	2287	1.0648	0	0
9	0.01453	13	0.9911	245	0.7983	2060	0.9670	10	0.8393
s		903		21115		146611		820	

B) Cases observed in July 21—22, 1952

N	$P_{0-n}-P_{0-(n-1)}$	*O. nerka*		*O. keta*		*O. gorbuscha*		*O. kisutch*	
		X_n	r_n	Y_n	r_n	X_n	r_n	X_n	r_n
0	0.00775	21	1.966	269	1.4938	3803	1.1378	77	1.5699
1	0.01538	18	0.8492	415	1.1619	7191	1.0845	121	1.2432
2	0.01526	10	0.4758	393	1.1232	6971	1.0596	120	1.2425
3	0.01514	22	1.0545	399	1.1347	6958	1.0661	118	1.2318
4	0.01502	28	1.3529	372	1.0666	6822	1.0539	97	1.0206
5	0.01490	20	0.9738	329	0.9510	6958	1.0882	86	0.9121
6	0.01478	21	1.0311	342	0.9966	6825	1.0710	92	0.9838
7	0.01466	17	0.8417	345	1.0136	6551	1.0368	86	0.9270
8	0.01454	24	1.1981	309	0.9154	6500	1.0371	94	0.8040
9	0.01442	12	0.6040	312	0.9307	6558	1.0548	94	1.0298
s		1378		23220		431056		6328	

by the type 5, namely they are composed of many contagious shoals.

B) Considerations upon the statistical distribution type

I calculated in both cases the frequency distributions of these fishes regarding them as POISSON's distribution, PÓLYA-EGGENBERGER's contagious distribution and THOMAS' distribution; the parameters in each case are shown in tables 4, a-h. Then, x^2—test is applied on them to find the level of fitness of the observed and calculated frequencies; the results are also shown in those tables.

a. Distribution of *O. nerka* in July 20—21 1952.

From the results of the analysis of spacial distribution, the distribution of fish in this case seems to be of POISSON's type. Therefore, I estimated the frequency distributions regarding them as POISSON's distribution and x^2—test was applied on the observed and calculated frequencies. Thus, it becomes clear that the distribution of fishes in this case follows POISSON's type and I wish to consider that every individual is solitary and scattered by chance, namely the fishes form no shoal in this case.

b. Other cases

POISSON's type: From the results of analysis of spacial distribution, I found that the shoals in these cases consisted of many shoals of some contagious type and in order to make sure this point, I calculated the frequency regarding them as POISSON's type. The results of x^2—tests, however, show that the frequency can not be regarded to follow this type in all these cases.

PÓLYA-EGGENBERGER's type: This is the distribution type observable in the case when the existence of some individuals in a certain section urges other individuals to come in that section. After the calculation of frequencies and x^2—test on these cases regarding the frequency as this type, I found that most cases, expect the cases

of *O. keta* in July 20—21 1952, were considered to follow this type.

THOMAS' type: This is the distribution type occurring in such case, when at first some individuals are scattered in the manner of POISSON's distribution, the mean value of which is represented by m, then some other individuals become attached to those individuals previously distributed, the manner of distribution of those newly attached individuals is also of other POISSON's distribution, the mean value of which is represented by λ. The frequency of the individual number appeared in each section is represented by the following formula.

$$P(k \text{ individuals in any section}) = \sum_{r=1}^{k} \frac{m^r e^{-m}}{r!} \cdot \frac{(r\lambda)^{k-r} e^{-r\lambda}}{(k-r)!}$$

Table 4. Frequency of individual number appeared in one section

A) *O. nerka* (July 20～21, 1952)

Individual number appeared in one section	Frequency					
	Observed	Calculated				
		P.		P.−E.	T. (1)	T. (2)
0	92	91.47				
1	29	30.73				
2	7	5.16				
3	0 } 7	0.04	} 5.80			
>3	0	0.02				
x_0^2		0.34873				
Pr.		0.75～0.5				
d. f.		1				
Parameters		m_1=0.336				

B) *O. nerka* (July 21～22, 1952)

Individual number appeared in one section	Frequency								
	Observed	Calculated							
		P.		P.−E.		T. (1)	T. (2)		
0	92	85.53		91.36		92.09	92.00		
1	25	35.15		26.75		24.91	25.00		
2	9	7.22		7.74		8.85	8.85		
3	2	0.99		2.23			2.38		
4	1	0.10		0.64			0.59		
5	0 } 3	0.01	} 1.10	0.18	} 3.15	} 3.15	0.13	} 3.10	
6	0	0		Over 0.10			0		
>6	0	0							
x^2_0		7.1409		0.3312		0.0100,98	0.00783		
Pr		0.05～0.02		0.80～0.50		0.95～0.9	0.98～0.95		
d. f.		2		1		1	1		
Parameters		m_1=0.411		a=0.411, λ_1=0.40		m_2=0.337, λ_2=0.220	m_3=0.338, λ_3=0.218		

C) *O. keta* (July 20~21, 1952)

Individual number appeared in one section	Frequency				
	Observed	Calculated			
		P.	*P.—E.*	*T.* (1)	*T.* (2)
0	53	25.59	44.99	52.25	52.99
1	22	41.19	32.18	21.12	21.99
2	18	33.16	20.45	21.08	21.13
3	13	17.80	12.45	14.06	13.75
4	13	7.16	7.41	8.62	8.19
5	2	2.31	4.35		4.55
6	4	0.62	2.53		2.30
7	2 } 9	0.14	1.47 } 10.52	} 10.87	1.05 } 8.49
8	0	0.03	0.84		0.43
9	1	0.01	0.48		0.16
10	0	0	0.28		
χ_0^2		62.44	9.401	0.890,69	3.3600
Pr		<0.001	0.05~0.02	0.9~0.8	0.5~0.3
d.f.		4	3	3	3
Parameters		m_1=1.61	a_1=1.61 λ_1=1.25	m_2=0.896 λ_2=0.796	m_3=0.882 λ_3=0.7534

D) *O. keta* (July 21~22, 1952)

Individual number appeared in one section	Frequency				
	Observed	Calculated			
		P.	*P.—E.*	*T.* (1)	*T.* (2)
0	41	24.28	39.31	40.04	41.01
1	31	40.55	35.01	30.44	31.01
2	23	33.86	23.56	24.69	24.62
3	16	18.85	14.14	15.74	15.39
4	8	7.87	7.98	9.06	8.68
5	5	2.63	4.32	4.78	4.48
6	2	0.73	2.28		2.15
7	2 } 5	0.17 } 0.95	1.18		0.98 } 3.73
8	1	0.04	0.60 } 4.68	} 4.26	0.43
9	0	0.01	0.30		0.17
10	0		0.15		
χ_0^2		29.1922	0.9189	0.4059,56	0.6769
Pr		<0.001	0.95~0.90	0.98~0.99	0.98~0.95
d.f.		5	4	4	4
Parameters		m_1=1.674	a=1.67 λ_1=0.835	m_2=1.170 λ_2=0.431	m_3=1.146 λ_3=0.416

E) *O. gorbuscha* (July 20∼21, 1952)

Individual number appeared in one section	Frequency				
	Observed	Calculated			
		P.	P.—E.	T. (1)	T. (2)
0	10	1.87	7.29	10.30	9.99
1	14	7·88	14.79	13.16	13.99
2	18	16.67	18.87	17.35	18.31
3	17	23.50	19.31	18.04	18.83
4	17	24.84	17.33	16.88	17.36
5	17	21.02	14.25	14.46	14.56
6	7	14.82	11.00	6.48	11.33
7	8	8.96	9.42	8.67	8.28
8	5	4.74	6.67	6.21	5.74
9	5	2.23	4.59	4.24	3.80
10	7	0.95	3.08		2.41
11	1	0.36	2.02		1.33
12	2	0.13 } 1.49	1.31 } 8.08	} 12.21	0.79
13	0	0.04	0.83		} 5.81
14	0	0.01	0.52		} 1.28
15	0	0	0.32		
x^2_0		101.5374	3.5778	1.4591,88	5.7597
Pr		<0.001	0.9	>0.99	0.8∼0.5
d. f.		9	8	8	8
Parameters		m_1=4.23	a=4.23 λ_1=1.083	m_2=2.52 λ_2=0.679	m_3=2.25 λ_3=0.5995

F) *O. gorbuscha* (July 21∼22, 1952)

Individual number appeared in one section	Frequency				
	Observed	Calculated			
		P.	P.—E.	T. (1)	T. (2)
0	0	0.10	0.88	} 5.10	
1	7	0.69	3.16		
2	8	2.50	6.48	6.51	
3	6	5.99	9.93	9.39	
4	11	10.78	12.66	11.77	
5	14	15.53	14.18	13.23	
6	13	18.64	14.41	13.65	
7	16	19.17	13.59	13.11	
8	9	17.25	12.06	11.86	
9	13	13.80	10.18	10.18	
10	5	9.94	8.25	8.38	
11	11	6.50	6.45	6.58	
12	4	3.90	4.89	4.99	
13	4	2.16	3.11	3.67	

14	3	1.11	2.61		
15	3	0.53	1.84		
16	0	0.24	1.28		
17	1 } 8	0.10 } 2.05	0.87 } 8.27	} 10.60	
18	0	0.04	0.57		
19	0	0.02	0.39		
20	1	0.01	0.25		
x^2_0		100.6924	14.4655	9.0654	
Pr		<0.001	0.30~0.20	0.8~0.5	
d.f.		13	12	11	
Parameters		$m_1=7.201$	$a=7.201$ $\lambda_1=1.001$	$m_2=4.45$ $\lambda_2=0.619$	

G) *O. kistch* (July 20~21, 1952)

Individual number appeared in one section	Observed	Frequency			
		Calculated			
		P.	*P.—E.*	*T.* (1)	*T.* (2)
0	98	92.94	99.46	100.49	98.01
1	23	29.75	20.21	17.57	23.00
2	5	4.76	5.73	6.48	5.67
3	1	0.51	1.77		1.10
4	0 } 2	0.04 } 0.55	0.58 } 2.60	} 2.70	0.19 } 1.32
5	1	0	0.19		0.03
>5			0.06		0.00
x_0^2		5.6418	0.54532	2.2593,44	0.4293
Pr		0.10~0.05	0.8~0.5	0.2~0.1	0.8~0.5
d.f.		2	1	1	1
Parameters		$m_1=0.32$	$a=0.32$ $\lambda_1=0.57$	$m_2=0.242$ $\lambda_2=0.325$	$m_3=0.267$ $\lambda_3=0.129$

H) *O. kisutch* (July 21~22, 1952)

Individual number appeared in one section	Observed	Frequency			
		Calculated			
		P.	*P.—E.*	*T.* (1)	*T.* (2)
0	67	53.99	63.03	64.90	67.01
1	30	47.03	37.23	33.87	30.01
2	19	20.48	17.11	18.15	18.13
3	8	5.95	7.12	7.68	8.28
4	4	1.29	2.81		3.47
5	1	0.23 } 1.55	1.07 } 4.51	} 4.41	1.35 } 5.31
6	0	0.03	0.40		0.49
7	0	0.00	0.15		
x_0^2		17.7940	2.0249	0.6422,13	0.0693

Pr		<0.001	0.5~0.3	0.8~0.5	0.80
d.f.		3	2	2	2
Parameters		$m_1=0.876$	$a=0.876$ $\lambda_1=0.49$	$m_2=0.687$ $\lambda_2=0.275$	$m_3=0.655$ $\lambda_3=0.380$

P: Poisson's distribution
P.—E.: Póia-Eggenberger's distribution
T. (1): Thomas' distributiton analysed by the first method
T. (2): Thomas' distribution analysed by the second method
d.f.: degree of freedom
m_1: mean of Poisson's distribution
a: mean of Pólya-Eggenberger's distribution
λ_1: contagious parameter of Pólya-Eggenberger's distribution
m_2: mean of the Poisson's distribution of Thomas' distribution first scattered (1st analysis method)
λ_2: mean of the Poisson's distribution of Thomas' distribution attached around the first scattered points (1st analysis method)
m_3: mean of the Poisson's distribution of Thomas' distribution first scatteresd (2nd analysis method)
λ_3: mean of the Poisson's distribution of Thomas' distribution attached around the first scattered points (2nd analysis method)

Table 5. Frequency distribution of population of shoals (represented by percentage)

A) *O. nerka*

Date		July 20~21, 1952	July 21~22, 1952		
Methods			Thomas (1)	Thomas (2)	Cole
Population of shoal	1	100.00	80.25	80.41	80.40
	2	0.00	17.66	17.53	18.03
	3	0.00	1.94	1.91	1.57
	4	0.00	0.14	0.14	
	5	0.00	0.01	0.01	
	6	0.00	0.00	0.00	

B) *O. keta*

Date		July 20~21, 1952			July 21~22, 1952		
Methods		Thomas (1)	Thomas (2)	Cole	Thomas (1)	Thomas (2)	Cole
Population of shoal	1	45.11	47.03	47.16	64.99	65.97	65.98
	2	35.91	35.47	29.94	28.01	27.44	24.01
	3	14.29	13.37	11.43	6.04	5.71	9.61
	4	3.79	3.36	15.37	0.87	0.79	0.40
	5	0.75	0.63	3.97	0.09	0.08	
	6	0.12	0.10		0.01	0.01	
	7	0.02	0.01		0.00	0.00	
	8	0.00	0.00		0.00	0.00	

C) *O. gorbuscha*

Date		July 20～21, 1952			July 21～22, 1953		
Methods		THOMAS (1)	THOMAS (2)	COLE	THOMAS (1)	THOMAS (2)	COLE
Population of shoal	1	50.71	54.91	54.91	53.85		
	2	34.43	32.92	32.16	33.33		
	3	11.69	9.87	3.71	10.32		
	4	2.65	1.97	10.50	2.13		
	5	0.45	0.30	}-1.28	0.33		
	6	0.06	0.04		0.04		
	7	0.01	0.00		0.00		
	8	0.00	0.00		0.00		

D) *O. kisutch*

Date		July 20～21, 1952			July 21～22, 1952		
Methods		THOMAS (1)	THOMAS (2)	COLE	THOMAS (1)	THOMAS (2)	COLE
Population of shoal	1	72.25	87.90	91.49	75.96	68.39	68.36
	2	23.48	11.26	8.71	20.89	25.99	27.99
	3	3.82	0.73	}-0.20	2.87	4.94	3.41
	4	0.41	0.03		0.26	0.63	}0.25
	5	0.03	0.00		0.02	0.06	
	6	0.00	0.00		0.00	0.00	

I estimated the frequency distributions of the individual number appeared in each section, supposing that they follow this type of distribution, and compared them with the observed frequency by using the x^2—test. In consequence, it is clear that all these cases follow this type, the parameters of which, calculated by the 1st and 2nd methods for analysis, are shown in tables 4 b—h. Thus, we are able to estimate the frequency distribution of number of shoals appeared in each section by m, and that of each sized shoal by λ. Their estimated values are shown in table 5. For purpose of reference, the frequency distribution of each sized-shoal calculated by COLE's method are also shown in the same table. Calculated values by these methods are similar in each case, although the later method requires more parameters than that of the former. This causes the decrease of the fitness degree. It may be said safely that, in these cases, most shoals consist of one or two individuals, even the larger shoals are composed of four to six individuals.

However, considering the results of the spacial distribution, the mean width of one shoal is estimated to cover about 5 sections. Thesefore, the first supposition of THOMAS' distribution is not of POISSON's type but some contagious type. This means that the actual shoals consist of some smaller shoals which can be estimated by THOMAS' and COLE's methods. Thus, the mean population of actual shoal is

$$M=m(1+\lambda)(s+i)$$

$1+\lambda$: mean population of smaller shoal

m : mean number of shoals appeared in a section

s : mean width of a shoal

i : mean interval between shoals

M : mean population of actual shoals

Besides these estimations of size of shoals, I heard from the fishermen the fact that they had never seen salmons swimming in shoal. We may be able to see one or two individuals of salmons are swimming towards the net or hanging on the upper parts of the net, when the ship is cruising along the net just set, a little before the time when it becomes prefectly dark. Any shoal or shoal-like aggregation of salmons have never been described on the records of the fish-finder. These facts coincide well with the results of statistical estimation of size of shoals.

Summary

1. The vertical and horizontal distribution of four sorts of salmons on net were observed on board the Hôsyô-maru No. 3 at about 100 miles east of Cape Lopatcka during the period from 20th to 22nd of July, 1952.

2. The centre depth of *O. gorbuscha* shoal is a little deeper than those of the other three which are swimming about in the same depth.

3. *O. kisutch* and *O. gorbuscha* take the same habitat as that of *O. keta*, *O. gorbuscha* and *O. nerka* are distributed independently of each other and this is the same for *O. gorbuscha* and *O. kisutch*, and *O. nerka* and *O. keta*. The maximum difference between the degree of habitat similarity between *O. nerka* and *O. kisutch* and that between *O. gorbuscha* and *O. kisutch* is not so large.

4. From the results of the analysis of the spacial distribution, I found that, in the first case of *O. nerka*, the fishes are scattered by chance, but in other cases the fishes consist of many contagious shoals.

5. Distribution of fishes in the first case of *O. nerka* follows Poisson's type.

6. Distributions of the fishes in other cases follows Pólya-Eggenberger's type and Thomas' type.

7. We are able to estimate the frequency distribution of number of shoals appeared in one section and to analyse the composition of each sized shoals by λ, one of the parameters of Thomas' distribution. Their estimated values are shown in the Tabl 5. The frequency distribution of each sized shoals calculated by Thomas' and Cole's methods takes the similar values. Most shoals are composed of single or two individuals, even the larger shoals consist of four—six individuals.

8. Considering the results of the spacial distribution, it is cleared that the first

supposition of THOMAS' distribution is not a POISSON's distribution, but of some contagious type. This means that the actual shoals consist of some smaller shoals which are estimated by THOMAS' and COLE's methods. The mean population of actual shoals is represented by

$$M = m(1+\lambda)(s+i).$$

Literatures

1. COLE, L. C. (1946): Ecological Monographs, 16, 49—86.
2. ……………… (1946): Fcology, 27 (4), 329—341.
3. EDEN, T. & YATES, F. (1933): J. Agr. Sci., 6—17.
4. IMANISHI, K. (1949): Logiks in Organisms Sociaties (The Mainichi press) (in Japanese)
5. LEXIS, W. (1877): Zur Theorie der Masenerscheinumgen in der menschen Gesellschaft.
6. MAÉDA, H. (in press): Ecological analyses of Pelagic Shoals, I. Analysis of salmon gill-net association in Aleutian. 1. Quantitative analysis of food.
7. MORISITA, M. (in press): Spacing methods for the description of individuals, Memoirs of the Faculty of Science Kyushu Univ. Ser. E Biology.
8. PEASON, E. S. (1931): Biometrika, 23, 114—133.
9. THOMAS, M. (1949): Biometrika, 36, 18—25.
10. TORII, T. (1952): The out-line of Ecology, edited by YAGI & NOMURA. (in Japanese) Yokendo, Tôkyô.

マグロ・カジキ類の胃内容物中にみられるカツオ若年魚*

須 田 明
（南海区水産研究所）

Juvenile Skipjack from the Stomach Contents of Tunas and Marlins

Akira SUDA

From the result of the researches for the stomach contents of the tunas and marlins, which have been carried out from March 1949, considerable number of the juveniles of tunas, marlins and swordfish are found. Of these juveniles, skipjacks of the length 70—450 mm are the most abundant ones. On the bases of these juvenile skipjasks, the following ithems are treated.

i) Seasonal and local appearance.

ii) Local size-compositions and their seasonal variations.

iii) Description of the characters on these specimens which are not much digested.

Within the limit of the investigations, which were taken place in the adjacent seas of the South Sea Islands, the Bonin and the Midway island, these juveniles appear without distinction of the seasons and the localities. The abundance and the size-composition of these juveniles, seem to differ remarkably according to the differences of the seasons and the localities. Such differences are considered by the author, to have close relation to the subtropical convergence. Furthrmore, cosidering from size-composition and locality of their appearance, the author hypothesizes that the skipjack spawns in the vast areas of the tropical and subtropical seas, not by any means in a short period.

マグロ・カジキ類の biological study の一分野として，現在之等魚類の食性の研究が行われている。この仕事は 1949 年 3 月以来着手せられ，以後今日迄継続して実施されている。

これ等魚類の胃内容物を調べると，相当多数のマグロ・カツオ類やカヂキ類，殊に之等の幼魚が出現することがみとめられる。之等重要な遠洋性魚族のうち，最も出現がいちゞるしいのは カツオ，*Katsuwonus pelamis* LINNAEUS である。

太平洋におけるカツオの稚魚期，及幼魚期については，岸上[1)2)]，MARR[3)]，SCHAEFER and MARR[4)]，SCHAEFER[5)]，WADE[6)7)]，等の報告がある。之等によつて太平洋のカツオの larval stage，juvenile stage についての可成りの知見が得られている。又 (1) 産卵は oceanic の海域にひろく行われているものと思われること，(2) 産卵する期間は，産卵する海域全般としてみれば周年にわたるものと思われること，(3) 地域的にみれば産卵期にすこしずつのずれがみられるようであるが，このずれは異つた魚群によるものか，同一の魚群が移動しつゝ産卵するために見られるものであるか不明であること，等が論議せられているが，継続的な稚魚調査を行つてきた WADE[6)7)] は，比島周辺においては一年を通じて何れかの海域で多かれすくなかれカツオの稚魚が出現することを報じている。中村[8)] は暖海の一般遠洋性魚族について，その産卵は長期にわたり広い海域で行はれているのであろうとのべている。

之等諸報告に報ぜられているカツの larval stage，juvenile stage をとりまとめて第 1 表に示す。

1953 年 4 月 20 日受理（印刷費負担） * 南海区水産研究所事業報告 第 34 号

Table 1. Youngs of skipjack reported formerly.

author	date of capture	locality	size of specimed	number of specimen	collecting method
Kishinoue	1916・8	Okinawa	6.5 Sun	1	pole and line (?)
	1923・6～8	〃	105～210m.m	3	from the skipjack and yellow-fin tuna stomach.
	1924・4～6	〃	26～153m.m	9	
	1924・6	〃	100～140m.m	3	dip. net
	1925・5～6	〃	3 m.m 4 m.m 6 m.m	2(?) 1 3	plankton net
Schaefer and Marr	1947・2～3	off Costa-Rica and Panama	21 m.m 41 m.m	1 1	dip net
Marr	1947・7	Bikinia atoll	45～50 m.m	2	regurgitated by skipjak
Wade	1948・5	Sulu archipe lago	13～27 m.m	6	dip net
	1947・10～1949・12	Philippine seas	4～9.1m.m	154	tow net

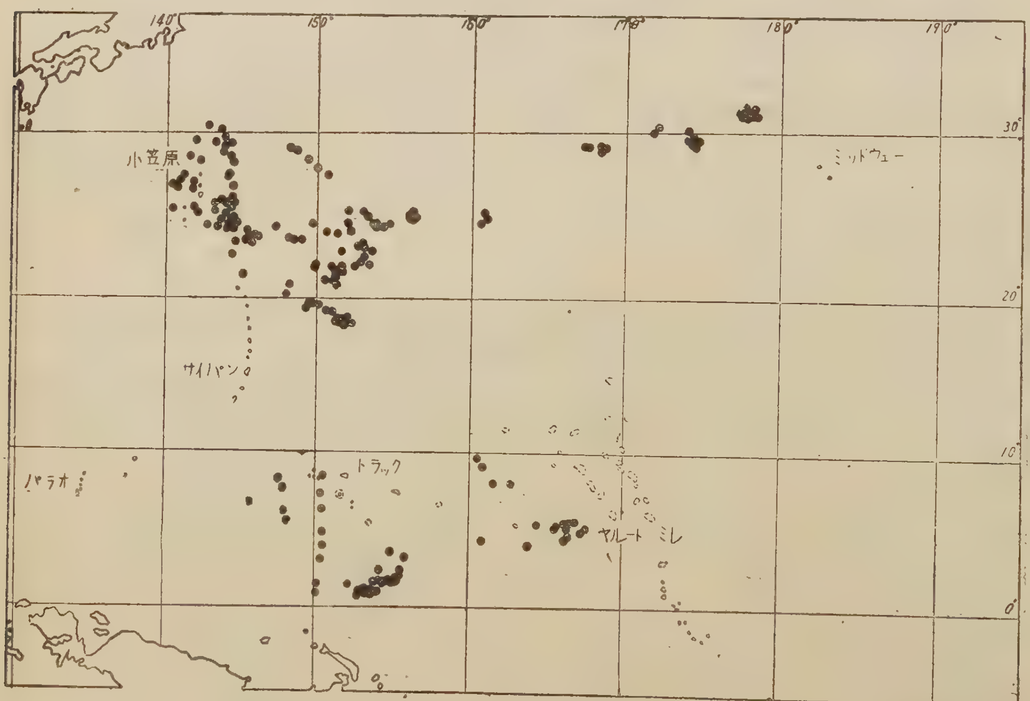


Fig. 1 Station, operated the investigation

之等諸報告のうちで Plankton net, tow net 或は dip net 等によつて採集された材料は，稚魚及び比較的小形の幼魚であつて何れも 50 mm. を出ない。岸上[2] に報告された 100～140 mm. 3 尾は，カツオに追いつめられた特殊の場合のものと考えられる). より成長のすゝんだ幼魚の調査，殊に之を定量的に行う場合には，plankton net や dip net による sampling では困難や悪条件のますことが予想される。岸上，Marr が

得た 45～100 mm. の標本はカツオ或は他の魚類の胃内容物から得たものである。著者が多数のマグロ・カジキ類の天然餌料からカツオは，50 mm 以上の体長のもの，就中 70～450 mm，のものである。この様な体長級のカツオ幼年魚の資料を，マグロ類やカジキ類の胃内容物にもとめることは，plankton net，larvae net，或は dip net によるよりも有利であると思われる。殊にこの方法によると，漁業者の協力によつて広範な海域からあらゆる時期の資料蒐集が可能である。このことは幼魚の分布や，その density を論ずる上に決定的に重要なことと思われる。

本報告にとりまとめた資料の蒐集状況は，第2表（文末）及び第1図に示す。蒐集は全て調査船上にて行つた。第2表の date，locality につゞく各魚類の項の数字Ⅰは，当日その位置で漁獲された各魚種の尾数，ⅡはⅠより胃内容物を採集調査した数を示す。採集にあたつては，漁獲物から可能なだけ胃嚢を蒐集することを原則とした。得た胃嚢は個体別に布袋におさめ，ホルマリンにて固定して持ち帰つた後，実験室で種の査定を行つた。Ⅲはこの結果カツオがみとめられた胃嚢数を示す。カツオの同定は所謂 trellis（岸上）とか complex basket（Godsil，Byers）とかいわれているきわめて特徴的な構造をもつ脊椎骨によつた。カツオの脊椎骨にきはめて類似した脊椎骨を有するヤイト類との区別は次の点によつた。

（1） 脊椎骨数がことなる。カツオ，20+21 ヤイト類 20+19

（2） haemal spine の前後の連絡は，カツオにては 14 番目，ヤイト類では 17 番目からはじまる。

カツオと判明したものについて尾叉長（たゞし消化の程度のすゝんだ個体の場合は脊椎骨長）及び尾数を胃嚢別に記録した。第3表（文末）は嚢別のカツオの記載表である。魚長は判明せるもののみを記入し，脊椎骨長のみのものには（ ）を附してある。

資料のとりまとめを今回は一応，メバチ，キハダ，マカジキ，クロカジキの胃内容物から出るカツオに限つた。しかし同期にマグロ延縄で漁獲される他の魚種，例えば，シロカジキ，バセウカジキ，フウライカジキ，ビンナガ，カツオ，シイラ，ミズウオ等の胃嚢にもカツオがみられることを附言しておく。

以下，上にのべた四魚種の胃内容物から得たカツオについて，Ⅰ. 季節的，及び海域的にみた出現状況　Ⅱ. 各海域の体長組成とその季節変化　Ⅲ. 70～150 mm. のカツオ若年魚についての観察につき報告するが，之に先だつて次の点を吟味しておく。

（1） これ等魚種の胃内容物に出現するカツオの数がその population の indicator として適当であるか否かという問題（即ち，胃内容物に出現するカツオとその population の間にどの程度の相関があるかということ）

（2） 今仮に胃内容物に出現するカツオを以て，その population の indicator とすることが出来ても，各魚種の胃内容物にあらわれるカツオの数を同等に取扱つてよいかどうかという問題（漁具の撰択性と同様な性格の問題と思われる）

実際，カツオ若年魚が捕食されている状態についてみると，魚種によつて，更に季節や海域によつても可成りことなつている。クロカジキが他の魚種に比してカツオを捕食している場合の多いことは，現場で資料蒐集中にも気附かれる事実である。又普通あまりカツオを捕食していない魚種でも思いがけない海域で，その胃内容物から多数のカツオを見出すこともあり，之等の関係は中々複雑の様である。論旨をすゝめる便宜上，(2) の問題から吟味することにするが，現在の資料ではこの関係を比較吟味する適当な方法が見出せない*。

---

* 魚種 A. B. C. ……によつて捕食されているカツオの尾数頻度分布は，正規分布又は之に近い分布とみることが出来ない。したがつて，之を F—test してその異同を検することが出来ない。

又 station 毎の調査尾数はすくない場合が多い。

したがつて，A. B. C. …… について充分な station 毎の平均カツオ捕食尾数の推定値をもとめることが出来ない。その結果，各 station 毎の，A, B, C…… の平均カツオ捕食尾数の差が有意的であるか否か，T—test する方法も不安である。

Table 4. Mean number of skipjack from one stomach

month	locality	black marlin	blue marlin	big-eyed tuna	yellow-fin tuna
1～2	adjacent seas of Midway I.		0.32	0.37	
3～4	〃		0.38	0.09	
1～2	adjacent seas of Bonin Is. and Marcas I.		0.22	0.08	
3～4	〃	0.24	0.17	0.05	0.00
5～6	〃	1.54	0.37		0.25
7～8	〃	1.31			
11～12	〃		0.00	0.00	0.13
5～6	north-eastern seas of Mariana Is.	0.29	0.07		0.25
	adjacent seas of east Caroline Is.	0.50		0.00	0.10

したがつて比較は概略的ならざるを得ない。第4表によつて之等魚種のカツオ捕食状態を平均カツオ捕食尾数によつて比較してみる。

第4表全体を通じてみると，カジキ類の方がマグロ類よりも大きい値を示している。殊にクロカジキはいちゞるしく，何れの時期，海域においても最大値を示し，6～8 月の小笠原,南鳥島海域では 1.3～1.5 尾といういちゞるしい値に達している。いちゞるしい例としては，9～17 cm. のカツオ 11 尾を捕食していた個体もある。マカジキは常にマグロ類より高い値を示すというものでなく,時にはメバチやキハダの方が高い。

マグロ類を互に比較してみると，その分布の北限に近い海域をのぞいてはキハダの方が高い値を示す様である。之ら4魚種の1尾当りカツオ捕食尾数を比較してみると，クロカジキ＞マカジキ＞キハダ＞メバチという関係は可成り明瞭である。

したがつて (2) の問題については，各魚種同等に取扱い得ないと考えるのが妥当の様である。しかし時期と海域によつてはこの関係がいちゞるしく乱されている場合がある。之は夫々の魚種の特性や海況その他に原因しているものと考えられ，(1) の問題とも関連して吟味する必要がある。之等魚族の分布の北限に近接した Midway 近海の様な場合には，マグロ類もカジキ類も，又カツオもその棲息層が非常に圧縮されて，垂直的にせまい範囲内に混然と分布していることが考えられ，逆に南方の諸海域では棲息層がひろくなるので各魚種の分布層の差が明瞭になつてくることが考えられる（南方海域ではマグロ類は比較的深所にカジキ類は比較的浅所に分布する様である)。前者の場合は胃内容物の内容は各魚種共類似してくる傾向が考えられるし，後者の場合は逆にその差が明瞭になつてくるものと思われる。メバチが1月～2月の Midway 海域で，おどろく程多くのカツオを捕食していることや，南方の海域でカジキ類の方がマグロ類よりもカツオを多く捕食していることの原因として，以上の様なことが充分に考えられる。更にカツオ一本釣において問題にされている魚の餌附の良否の複雑な問題ものこされているので，マグロ・カジキ類の胃内容物にみられるカツオの若年魚からその population を推定するためには更に徹底して食性の研究やカツオ若年魚及び之等魚類の棲息層等の生態的研究を行う必要がある。しかしカツオ若年魚の population を推定するために，他の方法で sampling する場合でも同様な性格の諸問題が提起されることが予想されるし，更に資料が蒐集される範囲や難易を比較すると，体長 50 mm. 以上のものについては，マグロ・カジキ類の胃内容物に出現する数からその population を推定しようとする試みがもつとも可能性のある方法と思われる。

以上の如くマグロ・カジキ類の胃内容物から出現するカツオをその population の indicator として扱うには，種々の残された問題はあるが，しかし支配的な傾向は伺い知ることが出来ると思われるので，以下報告をすゝめる。

1　季節的，及び海域的にみたカツオ若年魚の出現

第4表に示された様に，調査を行つた範囲内では季節と海域を問はず常にカツオが出現している。しかし魚種別の出現状況をみると，海域のことなるにつれて同一つ増減をせず種類毎に多少傾向を異にしているので，各海域のカツオ若年魚の多少については充分その特徴をみとめ難い。Midway 海域にも相当多いし南方海域にも多いことを示している。

資料が季節的に偏在するので，各海域におけるカツオ若年魚の季節的な出現状況の差異は論じ得ないが，資料がやゝ継続的に得られている小笠原・南鳥島海域についてみると，カツオの出現に季節的変化がみられる様である。

Table 5. Mean number of contents in one Stomach.
Big-eyed tuna (*Parathunnus mebachi*)

month	locality	skipjack	fishes	cephalopodos	others
1～3	adjacent seas of Midway I.	0.3	1.1	0.5	1.3
12～2	adjacent seas of Bonin Is. and Marcas I.	0.1	3.5	2.0	0.8
3～5	〃	0.0	7.1	3.3	1.2
6～8	〃	0.0	6.5	7.8	18.8
3～5	north-eastern seas of Mariana Is.	0.0	6.3	2.0	0.3
6～8	adjacent seas of east Caroline Is.	0.0	3.1	1.9	0.7

Yellow-fin tuna (*Neothunnus macropterus*)

month	locality	skipjack	fishes	cephalopodos	others
12～2	adjacet seas of Bonin Is. and Marcas I.	0.1	3.9	3.2	1.2
3～5	〃	0.0	16.3	6.0	9.2
6～8	〃	0.3	9.1	12.8	4.4
3～5	north-eastern seas of Mariana Is.	0.3	12.6	5.9	0.0
6～8	adjaent seas of east Caroline Is.	0.1	7.3	9.6	1.5

Blue-marlin (*Makaira mistukurii*)

month	locality	skipjack	fishes	cephalopdos	others
1～3	adjacent seas of Midway I.	0.3	1.1	0.9	1.9
12～2	adjacent seas of Bonin Is. and Marcas I.	0.1	3.7	2.1	0.3
3～5	〃	0.2	10.7	1.2	2.8
6～8	〃	0.5	2.8	2.4	0.9
3～5	north-eastern seas of Mariana Is.	0.1	6.0	1.2	0.1

Black-marlin (Eumakaira nigra)

month	locality	skipjack	fishes	cephalopodos	others
12～2	adjacent seas of Bonin Is. and Morcas I.	0.4	2.7	0.1	0.6
3～5	〃	0.4	5.1	0.5	0.8
6～8	〃	2.2	8.4	2.5	1.1
3～5	north-eastern seas of Mariana Is.	0.3	2.8	0.9	0.3
6～8	adjacent seas of east Caroline Is.	0.6	3.3	1.6	0.0

第5表は，魚種別に季節及び海域別の胃内容物を示している。数字は胃嚢1ケ当りの平均個体数であり魚

類の中にはカツオもふくまれている。

冬期（12 月～2 月）20～30° N の間では小笠原から遙か東方の Midway 島附近に至る迄，カツオが出現しており，小笠原，南鳥島海域ではクロカジキにて 0.4 尾，他魚種にても夫々僅少の出現を見ている。

Midway 島近海は，メバチ，マカジキ共に 0.3 尾の可成りいちゞるしい出現尾数を示している。Midway の海域では，1. メバチによつてもカツオが相当に捕食されていること，2. 天然餌料としてカツオの占める割合がきわめて大きく，天然餌料に見られる魚類の 25% を占めていること，3. 魚類の種類別出現尾数で最も高い値を示すのはカツオであること等が注目される。

3 月～5 月の小笠原，南鳥島海域についてみると，クロカジキで 0.4 尾，マグロ類では殆んど出現していない。全体として 12 月～2 月と略同様の状態にあると思われる。他の胃内容物はいちゞるしく増加しているにもかゝわらず，カツオの増加がみとめられない。

この海域におけるカツオの出現は，6 月～8 月において最高値を示し各魚種共にその出現が増加しているが，カヂキ類では特にいちゞるしい値を示していて，マカジキでは 0.5 尾，クロカジキでは 2.2 尾となつている。食物中の他の魚類に対する割合もマカヂキでは約 20%，クロカヂキでは 25% を示し天然餌料としての重要性を示している。

3 月～5 月のマリアナ東北海域は，小笠原，南鳥島海域の同時期と略同様の状態である。

6 月～8 月のカロリン群島水域でも相当いちゞるしい状態を示してゐるが，小笠原，南鳥島海域よりはむしろすくなくなつていて，餌料中の魚類に対する割合も減じている。

Ⅱ 各海域の体長組成とその季節変化

第 6 表にみられる様に，胃内容物に出現するカツオの体長組成には，季節と海域によつて顕著な差異がみとめられる。Midway 海域の 1 月～3 月及び 12 月～2 月の小笠原，南鳥島海域では，30 cm. ～45 cm. の体長級が優勢を示し，3 月～8 月の小笠原，南鳥島海域及びこれにつゞく南方の海域においては，30cm. 以下の体長群が優勢となつている。

Midway 海域や小笠原海域には冬期（両海域共この時期カツオの漁事は行われていない）でも 30～45 cm. のカツオ若年群が棲息しているものと思われる。

殊に Midway のカツオ群は主要なマグロ・カヂキ類の天然餌料を構成している点から推しても，相当濃密なものと考えられ，可成りの量の 30～40 cm. 群が全く北赤道流の影響をはなれた黒潮の逆流部でも越冬していることを示している。

春夏の小笠原，南鳥島海域や，更に南方のマリアナ，カロリン群島方面のカツオ群には，その体長組成からおして多くの当才魚がふくまれているものと思われる。之等小型のカツオ群の増減や分布状態は，カツオの繁殖と殊に密接な関係が考えられるものである。

小笠原，南鳥島海域における之等カツオ群の消長について検討してみると，

1. 冬期から春期へと移行すると共に 30～45 cm. のカツオ群が主として 30 cm. 以下の小型群で形成される群と入れ代る。この海域の南側に接するマリアナ東北海域における 3 月～5 月のカツオも同時期の小笠原，南鳥島海域のものと類似した体長組成を示している。

2. 小型群の分布密度は春期にいちじるしくないが，6 月に入ると増大するものと考えられる。亜熱帯収斂線がマリアナ北部から小笠原，南鳥島の海域を北上通過するのは 3 月～5 月の頃であり，6 月～8 月にはこの海域の北側に移る。小型群の出現しはじめる時期や，その数の増加と，収斂線の動きとの間にある関係は無視できないものと思われる。南洋海域の体長組成が春夏の小笠原，南鳥島海域のそれと類似している点から推して収斂線以南にはこの様な小型群がひろく分布してゐるものと思われる。

カツオ若年魚が出現する海域とその体長を合せ考えると，その産卵はすくなくとも広範な南洋の海域（お

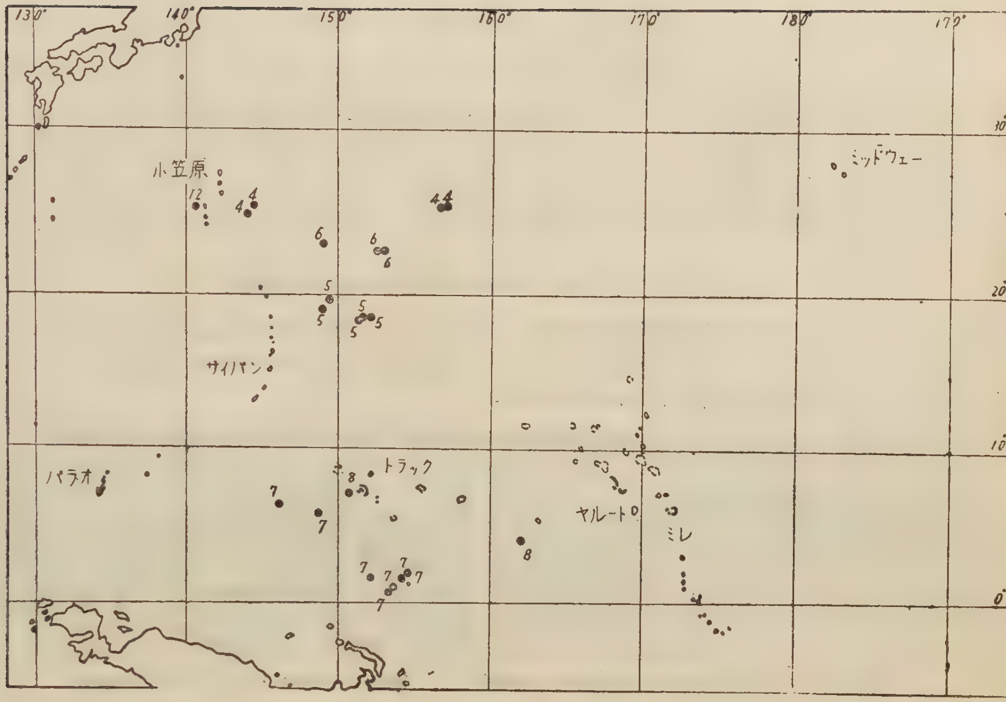


Fig. 2 Lending of young skipjack less than 100 mm. length.
Number indicates the month.

Table 6. Length frequency of skipjack from stomach contents

month	locality	species stomach contents examined	5-10cm	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70
1~3	adjacent seas of Midway I.	big-eyed tuna						8	20	13	1			1	
		blue-marlin						1	8	1	1				
12~2	adjacent seas of Bonin Is. Marcas I.	yellow-fin tuna						1							
		big-eyed tuna							1						
		blue-marlin						2	3						
		black marlin		1						1					
3~5	〃	big-eyed tuna	1	1					1						
		blue-marlin	2	13	2	5	1		2						
		black-marlin		3			1	3		1	1	1			
6~8	〃	yellow-fin tuna				1									
		blue-marlin				1	2								
		blak-marlin	2	32	21	9	4		1	1	2	3		1	
3~5	north-eastern seas of Mariana Is.	yellow-fin tuna	1		1										
		blue-marlin	1												
		black-marlin	1	9	1	4	1	4	1	3		3		1	

6~8	adjacent seas of east Carobine Is.	yellow-fin tuna	12	9	8	1	1	1							
		black-marlin	7	39	23	14	6	2	1			2	2	3	1

そらく亜熱帯収斂線以南の海域）において行われるものと想像される。その産卵期間も決してみじかいものでないと考えなければならない。第2図は，体長 100 mm. 以下のカツオを得た位置と月を示す。現在迄我々が調査した範囲では，季節をとはず亜熱帯収斂線以南の海域からは 100 mm. 以下のカツオが出現している。しかし季節的に或は海域的に如何ように産卵されているかという問題は，未だ充分な資料を得ていないので論じ得ない。

Ⅲ 70 mm. ～150 mm. のカツオ若年魚についての観察

最後に，1950 年 7 月 5 日に 6° 55′ N•146°02′ E にてクロカヂキの胃内容物から得た 150.5 mm.，1950 年 7 月 10 日に 1°42′ N•153°16′ E にてキハダの胃内容物から得た 84.3 mm. 78.8 mm.，70.0mm の比較的完全なカツオ若年魚の形態について報告する。

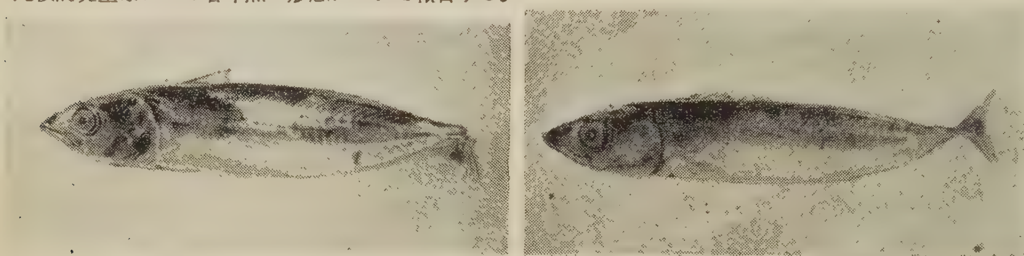


Fig. 3 Young skipjack 84.3 mm. length　　Young skipjack 150.5 mm. length.

之等の個体はいずれも胃内容物から得たものであるため，相当消化の影響をうけており，表皮，棘間膜，各鰭の軟条等の損傷がいちゞるしい。斯様な体長の個体は第3表（文末）にもみられる通り，可成り得られている。しかし何れもいちゞるしく消化されており上記の個体の他は殆んど観察に耐え得ない。

（1） 84.3 mm. 78.8 mm. 70.0 mm. の個体

Table 7. Measurments of individuals 84.3 mm. 78.8 mm. and 70.0 mm. length.

fork length	body length	head length	body cavity length	predorsal length	lst. doral fin base length	eye diameter	pectral fin length
84.3 mm.	5.40gr	22.0 mm.	16.1 mm.	26.3 mm.	24.1 mm.	4.7 mm.	7.9 mm.
78.8	4.35	20.2	14.5	23.9	21.8	4.7	7.8
70.0	3.55	19.2		22.5	22.5	4.5	6.8

Remarks ; Body weight indicates the weight presered in 10 %, formalin.

之等3個体についての測定値は第7表に示す。鱗は成魚と同様の分布を示す。尾柄部の翼状隆起はいまだ明瞭にみとめられない。しかし脊椎骨の之に相当する部分においては，翼状の水平隆起がみとめられる。脊椎骨の basket 状構造は既に形成せられている。84.3 mm. の個体についてみると，第1背鰭 15 棘，第1棘と第2棘は殆んど同長であるが第1棘の方が僅にみじかい。第3から漸次ひくくなり第8棘以後は殆んど同高を保ちながら第2背鰭に至つている。第1背鰭の棘間膜が消化のため不完全であるので第1背鰭の形状は不明であるが，前方部の上縁には黒色帯がある模様である。第2背鰭は第1背鰭よりひくい。胸鰭は成魚と同じく長三角形を呈している。体の色調については不明。両顎歯は存するが絨毛状で上下各1列，口蓋骨には絨毛状8歯，鋤骨には鈍い起伏がある。鰓蓋前骨，及び鰓蓋骨の下縁と後縁には，きわめて微少な凸凹が連続している。側線は成魚と同様胸鰭上方において波状を呈し，lateral median line の上方を後走して，第

2背鰭下方で下曲，lateral median line を尾柄に至る。

（2） 150.5 mm の個体

この体長のものでは尾柄の翼状隆起は明白である。個体各部の測定値を第8表に示す。

Table 8. Measurment of individual 150.5 mm. length

fork length	body weight	head length	body cavity length	predorsal length	Ist dorsal fin base length	eye diameter	pectral fin length
150.5 mm.	31.4 gr	39.5 mm.	30.6 mm.	48.4 mm.	42.4 mm.	7.6 mm.	

Remarks ; Body weight indicates the weight preserved in 10% formalin.

文 献

（1） K. Kishinoue. The larvae and juvenile stage of Plecostei ; Suisan Gakkai-Ho **3**, 2, (1919).

（2） K. Kishinoue. An outline of studies of the Plecostei in 1925 ; Suisan Gakkai-Ho **4**, 3. (1926).

（3） J. C. Marr. Ovservation on the spawning of oceanic skipjack and yellow-fin tuna in the northern Marshall Islands ; U. S. Fish and wildlife service F. B. 44 Vol. 51. (1948).

（4） M. B. Schaefer, and J. C. Marr. Spawning of yellow-fin tuna and skipjack in the Pacific Ocean off Central America, with description of juveniles ; U. S. Fish and Wildlife Service, F. B. 44 Vol 51. (1948).

（5） M. B. Schaefer. Spawning of Pacific tunas and it's implications to the selffare of Pacific tuna fisheries ; Trans. 13 th, Northern American Wildlife conference. (1948).

（6） C. B. Wade. Juvenile forms of *Neothunnus macropterus*, *Katswonus pelamis* and *Euthynnus yaito* from Philippine Seas. U. S. Fish and Wildlife Service, F. B. 53 Vol. 51. (1951).

（7） C. B. Wade. Larvae of tuna and tuna-like fishes from Philippine waters ; U. S. Fish and wildlife Survice, F. B. 57 Vol. 51 (1951).

（8） H. Nakamura. Tunas and Marlins ; Kaiyo-no-Kagaku **3**, 10. (1943).

Table 2. Operation of the investigation. Notes

I : Number of catches by tuna long-ling.

II ; Number of stomach contents examined.

III ; Number of stomach contents in which skipjack were found.

date		locality				big eyed tuna			yellow-fin tuna			blue marlin			black marlin		
						I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Jan.	8	31°23′	N	178°20′	E	23	12	1				6	4	2			
	9	31°55′	〃	177°53′	〃	32	11	3				3	3	1			
	10	31°55′	〃	177°40′	〃	33	25	6				5	3	1	1	1	
	11	32°04′	〃	177°45′	〃	38	22	11				6	5	2			
	12	32°00′	〃	177°57′	〃	38	31	12				8	7	4			
	13	31°55′	〃	177°45′	〃	50	37	9				1	1				
	14	31°48′	〃	177°46′	〃	25	20	8				3	3				
	15	31°33′	〃	178°08′	〃	41	22	9	1	1		3	3				
	16	31°25′	〃	178°17′	〃	19	15	6				6	5	1			
	17	31°30′	〃	178°22′	〃	18	18	5									
Feb.	4	29°23′	〃	143°35′	〃	1											
	6	28°15′	〃	142°30′	〃	1											
	10	24°38′	〃	142°51′	〃	1	1										
	11	25°39′	〃	143°30′	〃	3	2										
	14	24°31′	〃	149°52′	〃	1	1								1	1	
	15	23°39′	〃	150°20′	〃							4	4		1	1	
	16	23°11′	〃	151°21′	〃							4	1	1	1	1	
	17	22°12′	〃	151°45′	〃	2	1		1			3	3				
	18	23°45′	〃	152°28′	〃	1	1					6	5				
	19	24°42′	〃	152°18′	〃	1						1					
	20	25°30′	〃	152°07′	〃				2	2		2	1	1			
	22	27°30′	〃	150°21′	〃							2	2	2	1	1	1
	23	27°40′	〃	149°58′	〃	3	3					1	1				
	24	28°00′	〃	149°55′	〃	1	1										
	25	28°18′	〃	148°34′	〃	4	3	1									
	26	28°36′	〃	148°09′	〃	1	1					1	1				
Mar.	5	24°12′	〃	143°32′	〃							2	2				
	6	22°37′	〃	144°53′	〃	1			1	1		5	3	1			
	7	21°42′	〃	145°02′	〃	4	4					2	1				
	9	21°00′	〃	147°45′	〃				1	1		3	2		1	1	
	11	22°02′	〃	150°20′	〃				2	1		7	5	1	3	1	
	12	22°16′	〃	151°14′	〃	2	2		6	3		15	7		3	2	
	13	22°05′	〃	151°16′	〃	5	3		2	2		12	4		2	1	
	14	21°57′	〃	151°06′	〃	1			4	2		11	5		4	1	1
	15	22°11′	〃	151°45′	〃	1	1					4	2				
	16	22°40′	〃	151°43′	〃	3	2		1			4	1				
	17	22°04′	〃	151°36′	〃				13	3		4	2				
	〃	30°30′	〃	142°50′	〃	3	2										

date	locality		big-eyed tuna			yellow-fin tuna			blue marlin			black marlin		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
〃	30°15′ N	143°32′ E	1	1										
18	21°31′ 〃	150°30′ 〃				3	1		1	1				
〃	29°25′ 〃	142°43′ 〃	1	1										
〃	29°37′ 〃	174°06′ 〃	9	3					1	1				
19	29°27′ 〃	174°52′ 〃	7	5										
〃	28°30′ 〃	142°45′ 〃	2											
〃	22°12′ 〃	149°44′ 〃	3	2					6	2				
20	22°37′ 〃	149°43′ 〃				4	1		5	2		1		
〃	29°29′ 〃	174°46′ 〃	8	7										
21	29°36′ 〃	174°31′ 〃	6	5	1									
〃	27°16′ 〃	141°47′ 〃	1											
〃	23°12′ 〃	148°32′ 〃	1	1		1	1		10	4		1	1	
22	29°19′ 〃	174°49′ 〃	5	4					3	2	1			
〃	25°37′ 〃	141°52′ 〃							1	1				
〃	25°46′ 〃	142°35′ 〃	1	1					1	1				
〃	24°23′ 〃	147°42′ 〃							2	2				
23	26°17′ 〃	143°23′ 〃							1					
〃	25°40′ 〃	143°21′ 〃	1											
〃	29°07′ 〃	174°42′ 〃	4	3					4	4	1			
24	24°26′ 〃	142°41′ 〃				1								
〃	29°30′ 〃	174°19′ 〃	10	8	2				3	1				
25	30°10′ 〃	174°10′ 〃							4	2	2			
26	23°13′ 〃	144°49′ 〃	1						4					
〃	30°03′ 〃	171°55′ 〃	6	5										
27	23°10′ 〃	145°23′ 〃	6	1		3			7	5		1	1	
〃	30°26′ 〃	172°06′ 〃	8	3										
28	23°51′ 〃	145°40′ 〃	9	1		5	1		9	8	2			
29	23°50′ 〃	146°09′ 〃	1			1			4	2				
〃	29°00′ 〃	168°31′ 〃	2	1					1	1				
30	28°53′ 〃	168°26′ 〃	1						1					
31	23°00′ 〃	145°50′ 〃	1	1		12	7		6	6	1	1		
Apr. 1	23°58′ 〃	145°35′ 〃				6			5	3				
〃	29°44′ 〃	168°37′ 〃	1	1					2	2	1			
2	23°38′ 〃	146°23′ 〃	2			4	2		8	8	2			
〃	29°00′ 〃	167°47.5′ 〃	3						1			1		
3	23°54′ 〃	145°31′ 〃	2	1		5	4		4	4		1		
〃	29°07′ 〃	167°21′ 〃	1	1	1									
4	24°30′ 〃	144°15′ 〃	6	4	1				4	3	1	1	1	
5	24°00′ 〃	143°56′ 〃	2			2	2		5	5	1			
6	24°50′ 〃	143°15′ 〃	3			1			2	1				
〃	24°52′ 〃	160°48′ 〃	9	9	1				3	3		2	2	
7	24°34′ 〃	160°41′ 〃							9	8				

date		locality				big-eyed tuna			yellow-fin tuna			blue marlin			black marlin		
						I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	8	25°07′	N	160°30′	E	3	3					3	3		2	2	1
	10	24°53′	″	156°58′	″	9	7					9	8	6	2	2	
	11	24°53′	″	156°53′	″	20	10	1				8	6	2	2	2	2
	12	24°57′	″	156°53′	″	9	4		1			5	4		1	1	1
	13	25°17′	″	156°51′	″	3	2					7	2	1			
	15	24°31′	″	154°50′	″	1						3	1		1	1	
	16	24°12′	″	154°47′	″	1						6	5		1	1	
	17	24°10′	″	154°35′	″	1			1			6	5	2			
	18	24°33′	″	154°13′	″	1	1					11	6				
	19	24°43′	″	154°16′	″	1	1					6	4		2	2	
	20	25°03′5	″	153°47′	″	4	3					6	5	1	2	2	
	21	25°28′	″	153°08′	″	1						5	3		2	1	
	30	26°37′	″	143°09′	″							1	1				
May.	1	25°12′	″	144°03′	″										1	1	1
	4	20°06′	″	148°10′	″							4	4		3	3	1
	5	19°19′	″	148°53′	″	1	1					5	5	1	6	4	2
	7	18°35′	″	151°44′	″	1	1		2	2	1	2	2		11	8	2
	8	18°33′	″	151°40′	″	2	1		2	2					4	2	
	9	19°09′	″	151°59′	″							3	1		13	10	2
	10	18°26′	″	151°40′	″				1	1		1	1		17	15	6
	11	18°18′	″	151°28′	″							3	3		20	20	2
	12	18°35′	″	151°38′	″				1	1					6	6	3
	13	18°20′	″	152°02′	″										11	11	3
	15	18°38′	″	151°26′	″				1	1					8	8	3
	16	18°56′	″	150°52′	″				1						7	7	2
	17	18°53′	″	150°43′	″	1	1					1	1		1	1	
	18	19°33′	″	150°03′	″				1	1					10	9	4
	19	19°46′	″	149°46′	″							2	2		12	10	4
	20	19°43′	″	149°30′	″							1	1		11	10	3
	23	24°28′	″	143°30′	″							7	7	1	1	1	
June.	15	27°40′	″	143°50′	″							2	1				
	17	25°20′	″	143°50′	″				1	1					3	2	2
	18	24°29′	″	143°45′	″	1	1					3	3	1	1	1	1
	19	24°45′	″	142°40′	″				1	1	1	2	2	2			
	20	23°55′	″	144°01′	″				1	1		1	1				
	22	22°44′	″	148°50′	″	1	1	1							6	4	2
	23	22°53′	″	148°59′	″				1						10	5	4
	25	22°16′	″	152°51′	″										9	2	2
	26	22°28′	″	152°49′	″	1	1	1	4	3					13	4	2
	27	27°22′	″	143°35′	″							1					
	″	22°30′	″	152°40′	″										19	8	7
	28	26°18′	″	143°41′	″							1	1				

date		locality	big-eyed tuna			yellow-fin tuna			blue marlin			black marlin		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	″	25°32′ N 143°39′ ″	1	1										
	″	22°50′ ″ 152°42′ ″				1	1					20	8	7
	29	24°34′ ″ 143°39′ ″										4	4	3
	″	22°15′ ″ 152°40′ ″										3	2	1
	30	22°49′ ″ 152°40′ ″										3	1	
July	1	22°47′ ″ 152°54′ ″				1	1					9	4	1
	2	21°56′ ″ 152°06′ ″										1	1	1
	5	6°55′ ″ 146°02′ ″	6	3		36	22	1				15	15	6
	8	2°12′ ″ 152°12′ ″	4	2		84	64	2				6	6	
	9	1°47′ ″ 153°00′ ″	7	2		156	31	1	1			8	4	4
	10	1°42′ ″ 153°16′ ″	7	3		82	33	4				9	7	
	11	1°14′ ″ 153°00′ ″	1	1		72	17	2				4	3	2
	12	1°25′ ″ 153°14′ ″	5	3		41	10	2				4	4	1
	13	1°16′ ″ 153°27′ ″	5	1		84	6					14	11	2
	14	1°31′ ″ 154°09′ ″	6	3		55	8					9	9	2
	15	2°09′ ″ 154°11′ ″	5	4		43	8		1	1		24	20	6
	16	2°57′ ″ 154°03′ ″	5	2		60	37	1				14	11	3
	17	3°35′ ″ 155°00′ ″	5	3		41	36	5				29	29	8
	21	5°52′ ″ 147°32′ ″	4	2		36	25	3				22	21	8
	22	6°37′ ″ 147°42′ ″				14	14					7	7	1
	23	7°50′ ″ 147°25′ ″				11	11	2				27	27	8
	24	27°57′ ″ 143°40′ ″										1	1	1
	″	8°00′ ″ 147°30′ ″				8	7	2				18	18	10
	″	1°38′ ″ 153°32′ ″	13			23						8		
	25	26°45′ ″ 143°48′5 ″										1	1	
	″	2°15′ ″ 153°30′ ″	5	3		45						5	3	1
	26	2°15′ ″ 154°20′ ″	14	4		28						6	4	2
	27	1°55′ ″ 154°58′ ″	10	2		10						9	4	1
	28	2°33′ ″ 155°02′ ″	9			14						6	1	
	29	2°26′ ″ 155°25′ ″	5			29						7		
	30	2°39′ ″ 155°50′ ″	4			27						4	1	1
	31	3°18′ ″ 156°07′ ″	9			37						10		
Aug.	1	8°21′ ″ 150°42′ ″				7	7	1				4	4	2
	2	7°31′ ″ 150°33′ ″				2	2					2	2	
	3	6°14′ ″ 150°44′ ″										1	1	
	4	5°00′ ″ 150°48′ ″				11	11	1				4	4	3
	5	3°49′ ″ 150°46′ ″	3	3		5	5					2	2	
	6	2°28′ ″ 150°35′ ″				2	2					1	1	
	7	1°13′ ″ 150°11′ ″				18	18	1				2	2	1
	″	5°03′ ″ 165°53′ ″	1			19	6					14	5	2
	8	1°08′ ″ 150°17′ ″				21	20	2				5	5	
	″	5°06′ ″ 165°52′ ″	5			61	10					38	1	

date	locality		big-eyed tuna			yellow-fin tuna			blue marlin			black marlin		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
9	4°52′ N	166°40′ E	13	1		36	13	1				27		
10	4°46′ 〃	166°36′ 〃	10			24						25		
11	5°26′ 〃	166°50′ 〃	10	1		35	16	1				5		
12	5°43′ 〃	166°43′ 〃	16			39	15					24		
13	5°38′ 〃	166°49′ 〃	7			28	1					24		
14	5°42′ 〃	167°18′ 〃	18			39	9					18		
〃	4°18′ 〃	161°44′ 〃	1			5	5	1				2	2	1
15	4°53′ 〃	167°56′ 〃	17			66						43		
16	5°10′ 〃	168°04′ 〃	13			55	15					25		
18	4°12′ 〃	163°54′ 〃				2	2					3	3	
20	5°22′ 〃	164°37′ 〃				9	9					3	3	1
23	7°56′ 〃	162°34′ 〃										9	9	2
24	7°56′ 〃	161°45′ 〃										3	3	
25	8°45′ 〃	161°29′ 〃				1	1					5	5	
26	9°33′ 〃	160°42′ 〃	2	2								4	4	
Dec. 1	27°13′ 〃	143°20′ 〃							1	1				
〃	29°15′ 〃	143°26′ 〃							1	1				
2	26°19′.2 〃	143°09′ 〃							2	1				
〃	28°29′ 〃	143°24′ 〃							2	2		1	1	
9	25°12′ 〃	143°20′ 〃	1	1										
10	26°41′ 〃	141°13.′5 〃				1						1	1	1
11	26°35′ 〃	140°40′ 〃	1			1	1							
12	27°19′ 〃	140°39′ 〃	2	1		1	1	1						
〃	24°10′ 〃	142°15′ 〃	1	1								1	1	
13	27°32′ 〃	141°36.′5 〃							2	1				
〃	25°34′ 〃	140°24′ 〃	1	1					1	1				
14	28°37.′5 〃	142°17.′5 〃				1	1							
15	27°18′ 〃	140°45′ 〃				4	4							
16	29°26.′6 〃	142°19′ 〃				1	1		2	2				
17	27°19′ 〃	140°30′ 〃	3	3										

Table 3. Number and size of skipjack from each stomach.

Remarks,

A ; Species, examined stomach contents.

B ; Skipjack, obtained from A.

C ; Number of B.

date	locality		A	B	
				C	size(cm.)
Jan. 8	31°23′ N	178°20′ E	blue marlin	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		big-eyed tuna	1	
9	31°55′ 〃	177°53′ 〃	blue marlin	1	39,

date	locality		A	B	
				C	size(cm.)
〃	31°55′ N	177°53′ E	big-eyed tuna	1	
〃	〃		〃	1	(35),
〃	〃		〃	1	30,
10	31°55′ 〃	177°40′ 〃	〃	2	40, 40,
〃	〃		〃	1	Ca. 40,
〃	〃		〃	2	39,
〃	〃		〃	1	40,
〃	〃		blue marlin	1	41,
〃	〃		big-eyed tuna	1	
〃	〃		〃	1	41,
11	32°04′ 〃	177°45′ 〃	〃	1	
〃	〃		〃	1	41,
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	2	30, 32.5,
〃	〃		blue marlin	1	35,
〃	〃		big-eyed tuna	1	38,
〃	〃		〃	1	33,
〃	〃		blue marlin	1	36,
〃	〃		big-eyed tuna	1	(29),
〃	〃		〃	1	36,
〃	〃		〃	1	(23),
〃	〃		〃	1	41,
〃	〃		〃	1	35,
12	32°00′ 〃	177°57′ 〃	〃	1	
〃	〃		〃	1	(28.5),
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		blue marlin	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		big-eyed tuna	1	38,
〃	〃		〃	1	
〃	〃		blue marlin	1	(31),
〃	〃		big-eyed tuna	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	2	39,
〃	〃		〃	1	31,
〃	〃		blue marlin	1	35,
13	31°55′ 〃	177°45′ 〃	big-eyed tuna	1	35,
〃	〃		〃	1	44,
〃	〃		〃	1	Ca. 40,

date	locality	A	B	
			C	size(cm.)
〃	31°55′ N 177°45′ E	big-eyed tuna	1	31,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	(30),
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	(30),
14	31°48′ 〃 177°46′ 〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	Ca. 35,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	(32.5)
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
15	31°33′ 〃 178°08′ 〃	〃	1	Ca. 40,
〃	〃	〃	2	40, Ca. 34
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	2	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	2	44.5, 39,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
16	31°35′ 〃 178°17′ 〃	blue marline	1	(31.5)
〃	〃	big-eyed tuna	1	
〃	〃	〃	1	39,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
17	31°30′ 〃 178°22′ 〃	〃	1	36,
〃	〃	〃	2	38, 33,
〃	〃	〃	1	38.5
〃	〃	〃	1	35.5
〃	〃	〃	1	39,
Feb. 16	23°11′ 〃 151°21′ 〃	blue marlin	1	35,
20	25°30′ 〃 152°07′ 〃	〃	1	30,
22	27°30′ 〃 150°21′ 〃	〃	1	Ca. 30,
〃	〃	〃	1	(33),
〃	〃	black marlin	1	Ca. 40,
25	28°18′ 〃 148°34′ 〃	big-eyed tuna	1	33,
Mar. 6	22°37′ 〃 144°53′ 〃	blue marline	1	(12.3)

date	locality				A	B	
						C	size(cm.)
11	22°02′	N	150°20′	E	blue marline	1	8,
14	21°57′	〃	151°06′	〃	black marlin	1	31,
21	29°36′	〃	174°31′	〃	big-eyed tuna	1	
22	29°19′	〃	174°49′	〃	blue marlin	1	(30),
23	29°07′	〃	174°42′	〃	〃	1	35,
24	29°30′	〃	174°19′	〃	big-eyed tuna	1	
〃		〃			〃	1	(24),
25	30°10′	〃	174°10′	〃	blue marlin	1	38,
〃		〃			〃	1	31.5,
28	23°10′	〃	145°40′	〃	〃	1	20,
〃		〃			〃	1	35,
31	23°00	〃	145°50′	〃	〃	1	12.5,
Apr. 1	29°24′	〃	168°37′	〃	〃	1	
2	23°33′	〃	146°23′	〃	〃	1	20,
〃		〃			〃	1	20,
3	29°07′	〃	168°55′	〃	big-eyed tuna	1	
4	24°50′	〃	144°15′	〃	〃	1	10,
〃		〃			blue marlin	2	12.5, 10,
5	24°00′	〃	143°56′	〃	〃	1	9,
6	24°52′	〃	160°48′	〃	big-eyed tuna	1	38,
8	25°07′	〃	160°50′	〃	black marlin	1	12.5
10	24°53′	〃	156°58′	〃	blue marlin	2	
〃		〃			〃	1	10.5
〃		〃			〃	1	27.5
〃		〃			〃	3	14, 12.6, 15,
〃		〃			〃	1	10,
〃		〃			〃	2	14.5 11,
11	24°53′	〃	156°53′	〃	big-eyed tuna	1	8,
〃		〃			black marlin	1	30,
〃		〃			〃	1	25,
〃		〃			blue marlin	1	13.2
〃		〃			〃	1	12,
12	24°57′	〃	156°53′	〃	black marlin	2	12, 11.4
13	25°17′	〃	156°51′	〃	blue marlin	1	17,
17	24°10′	〃	154°35′	〃	〃	1	
〃		〃			〃	1	35,
20	25°03.′5	〃	153°47′	〃	〃	1	13.5
May 1	25°12′	〃	144°03′	〃	black marlin	1	31,
4	20°06′	〃	148°10′	〃	〃	3	(42), (38), 40,
5	19°19′	〃	148°53′	〃	〃	1	53,
〃		〃			〃	1	8,
〃		〃			blue marlin	1	7,

date	locality		A	B	
				C	size(cm.)
7	18°35′ N	151°50′ E	black marlin	1	43,
〃	〃		yellow-fin tuna	2	8, 15,
〃	〃		black marlin	1	50.5
9	19°09′ 〃	151°59′ 〃	〃	1	(47),
〃	〃		〃	1	22,
10	18°26′ 〃	151°40′ 〃	〃	1	30,
〃	〃		〃	1	25,
〃	〃		〃	1	30,
〃	〃		〃	1	Ca, 30,
〃	〃		〃	1	Ca, 40,
〃	〃		〃	1	
11	18°18′ 〃	151°28′ 〃	〃	1	20,
〃	〃		〃	1	30,
12	18°35′ 〃	151°38′ 〃	〃	3	12, 10, 40,
〃	〃		〃	1	24,
〃	〃		〃	1	14,
13	18°20′ 〃	152°02′ 〃	〃	3	12, 12, 12,
〃	〃		〃	1	12,
〃	〃		〃	1	
15	18°38′ 〃	151°26′ 〃	〃	1	53,
〃	〃		〃	1	10,
〃	〃		〃	1	15,
16	18°56′ 〃	150°52′ 〃	〃	1	60,
〃	〃		〃	1	20,
18	19°33′ 〃	150°03′ 〃	yellow-fin tuna	1	
〃	〃		black marlin	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	1	
19	19°46′ 〃	149°46′ 〃	〃	1	10,
〃	〃		〃	2	34, 51,
〃	〃		〃	1	35,
〃	〃		〃	1	
20	19°43′ 〃	149°30′ 〃	〃	1	
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	1	
23	22°53′ 〃	148°59′ 〃	blue marlin	2	23, 24,
June 17	23°58′ 〃	145°23′ 〃	black marlin	1	
〃	〃		〃	1	20,
18	24°16′ 〃	144°39′ 〃	〃	1	23,
〃	〃		blue marlin	2	25, 25,
19	24°26′ 〃	143°52′ 〃	yellow-fin tuna	2	24, 21.5,
〃	〃		blue marlin	2	21, 21,

date	locality		A	B	
				C	size(cm.)
19	24°26′ N	143°52′ E	blue marlin	1	
22	22°56′ ″	148°52′ ″	black marlin	1	20,
″	″		″	2	11,
23	22°53′ ″	148°59′ ″	″	1	8. 2
″	″		″	2	20, 21,
″	″		″	1	23,
″	″		″	2	23, 25,
25	22°16′ ″	152°51′ ″	″	1	49,
″	″		″	1	49,
26	22°58′ ″	152°48′ ″	″	1	50,
″	″		″	1	(9. 5)
27	22°28′ ″	152°40′ ″	″	4	10, 10, 10, 10,
″	″		″	3	12. 5, 12. 5, 12. 5
″	″		″	11	17, 15, 15, 13, 13, 11, 11, 10, 10, 9, 9,
″	″		″	1	12. 5,
″	″		″	2	16, ?
″	″		″	4	21. 5, 17. 5, 19, 26. 5,
″	″		″	1	16,
June 28	22°50′ ″	152°42′ ″	″	3	14, 15. 5, 21. 5,
″	″		″	4	19, 16. 5, 15,
″	″		″	3	10. 5, 11. 5, 12. 5,
″	″		″	3	12, 13. 5, 17,
″	″		″	2	12, 18,
″	″		″	1	21,
″	″		″	1	
June 29	22°15′ ″	152°40′ ″	″	1	
″	24°34′ ″	143°49′ ″	″	3	10, 10, 40,
″	″		″	2	11, 13,
″	″		″	2	Ca. 60, Ca. 60,
July 1	22°47′ ″	152°54′ ″	″	3	14, 15, 12. 5,
2	21°56′ ″	152°06′ ″	″	1	20,
″	″		″	2	12, 12,
″	″		″	6	20, 10. 5, 24, 18. 5, 28, 10. 5
″	″		″	2	15, 17. 5
″	″		″	1	Ca. 50
July 5	6°55′ ″	146°02′ ″	″	1	15,
1950 ″	″		″	1	56,
″	″		″	1	
″	″		″	1	
″	″		″	1	10,
″	″		yellow-fin tuna	1	
″	″		black marlin	1	20,

date	locality	A	B	
			C	size(cm.)
July 8	2°12′ N 152°12′ E	yellow-fin tuna	1	9.5,
〃	〃	〃	1	
9	1°47′ 〃 153°00′ 〃	black marlin	1	
〃	〃	〃	1	12,
〃	〃	〃	1	58,
〃	〃	〃	1	55,
〃	〃	yellow-fin tuna	1	5.8,
10	1°42′ 〃 153°16′ 〃	〃	1	13,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	8	9.5, 8.3, 7.8, 7.3 ,7.2, 6.7, 6.7, 8.4,
〃	〃	〃	1	16.5,
11	1°14′ 〃 153°00′ 〃	〃	1	11,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	black marlin	1	Ca. 60
〃	〃	〃	1	12.5,
12	1°25′ 〃 153°14′ 〃	yellow-fin tuna	2	9, 9.5,
〃	〃	〃	1	12,
〃	〃	black marlin	2	13, 14.5,
13	1°16′ 〃 153°27′ 〃	〃	1	15.5,
〃	〃	〃	1	17,
14	1°31′ 〃 154°09′ 〃	〃	2	18,
〃	〃	〃	1	
15	2°09′ 〃 154°11′ 〃	〃	2	20, 14.5,
〃	〃	〃	4	10, 10, 10, 11,
〃	〃	〃	2	8.5, 17
〃	〃	〃	2	12, 13,
〃	〃	〃	1	60,
〃	〃	〃	3	11, 16, 8.5
16	2°57′ 〃 154°08′ 〃	〃	3	16, 16.5, 16. 5,
〃	〃	yellow-fin tuna	1	15.5,
〃	〃	black marlin	1	
〃	〃	〃	1	Ca. 50,
17	3°35′ 〃 155°00′ 〃	yellow-fin tuna	1	
〃	〃	〃	1	15,
〃	〃	black marlin	1	15,
〃	〃	〃	4	14, 14,
〃	〃	〃	1	9.5
〃	〃	yellow-fin tuna	1	
〃	〃	black marlin	1	68,
〃	〃	〃	1	
〃	〃	〃	1	
〃	〃	yellow-fin tuna	1	31,

date	locality		A	B	
				C	size(cm.)
July 17	3°35′ N	155°00′ E	black marlin	1	13. 5,
〃	〃		〃	1	15,
〃	〃		yellow-fin tuna	2	12. 5, 12. 5,
21	5°52′ 〃	148°00′ 〃	〃	1	
〃	〃		black marlin	2	12, 13,
〃	〃		〃	1	
〃	〃		〃	1	13. 5,
〃	〃		yellow-fin tuna	1	
〃	〃		〃	1	9,
〃	〃		black marlin	1	
〃	〃		〃	2	10, 10,
〃	〃		〃	2	11, 15,
〃	〃		〃	1	14,
22	6°37′ 〃	147°42′ 〃	〃	1	
23	7°50′ 〃	147°25′ 〃	〃	1	19,
〃	〃		yellow-fin tuna	1	15,
〃	〃		black marlin	3	
〃	〃		〃	4	15, 12, 11. 5,
〃	〃		〃	4	20, 19, 11, 11,
〃	〃		〃	3	25,
〃	〃		〃	1	
〃	〃		yellow-fin tuna	1	
〃	〃		black marlin	9	18, 18, 17
〃	7°50′ 〃	147°45′ 〃	〃	1	
24	8°00′ 〃	147°30′ 〃	yellow-fin tuna	4	22, 23, 24, 26,
〃	〃		black marlin	2	18, 28
〃	〃		〃	2	20, 24,
〃	〃		yellow-fin tuna	3	14, 17,
〃	〃		black marlin	4	20, 21, 23, 26,
〃	〃		〃	1	17,
〃	〃		〃	1	14,
〃	〃		〃	3	25. 5,
〃	〃		〃	2	23. 5,
〃	〃		〃	1	19,
〃	〃		〃	1	25. 5,
〃	〃		〃	1	31. 5,
〃	28°07′ 〃	143°37′ 〃	〃	2	23, 23,
25	2°15′ 〃	153°50′ 〃	〃	3	14, 15, 16,
26	2°15′ 〃	154°20′ 〃	〃	2	7, 15,
〃	〃		〃	2	7, 10,
27	1°55′ 〃	154°58′ 〃	〃	1	
30	2°39′ 〃	155°50′ 〃	〃	1	

date	locality		A	B	
				C	size(cm.)
Aug. 1	8°21′ N	150°42′ E	yellow-fin tuna	2	15, 16.5,
〃	〃		black marlin	2	10, 14,
〃	〃		〃	2	6, 12,
Aug. 4	5°00′ 〃	150°48′ 〃	〃	1	12.5,
〃	〃		〃	1	12,
〃	〃		〃	2	12.5, 12.5,
〃	〃		yellow-fin tuna	1	18,
7	1°13′ 〃	150°11′ 〃	〃	1	11,
〃	〃		black marlin	1	18,
〃	5°03′ 〃	165°53′ 〃	〃	1	18,
〃	〃		〃	1	20,
8	1°07.′5 〃	150°17′ 〃	yellow-fin tuna	1	12.5,
〃	〃		〃	1	12,
9	4°52′ 〃	166°40′ 〃	〃	1	20,
11	5°26′ 〃	166°50′ 〃	〃	1	
14	4°18′ 〃	161°44′ 〃	〃	1	14,
〃	〃		black marlin	2	13.7,
20	5°22′ 〃	164°37′ 〃	〃	1	13,
23	7°56′ 〃	162°34′ 〃	〃	2	19, 20,
〃	〃		〃	1	30,
Dec. 10	25°18′ 〃	141°10′ 〃	〃	1	10,
12	26°41′ 〃	141°13.′5 〃	yellow-fin tuna	1	37,

Basic Study of Fish School Research by Fish Finders

Takio YOKOTA*, Toshio KITAGAWA* and Tadahiko ASAMI*
(Nobeoka Branch of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory)

I. Foreword

YOKOTA commenced in July 1951 an experimental research on schools of Sardine and Sardine-like fish in the coastal waters of the Nankai region (Southern sea-area of Japan) by means of fish finders and attempted thereby to make estimation of the amount of such species of fish migrating in the sea ; and this research project is still being carried on.

In enforcement of this research project, YOKOTA set up the following hypotheses from his experiences in the past, having regard for the actual distribution of fishing grounds and the duration of fishing seasons in same fishing grounds :

Hypothesis 1. The fishing ground of Sardine lies generally within the 100 fathom isobaths ; and Sardines make a longitudinally long distribution along the isobaths or the isotherm. Therefore, fish schools are distributing in column along these lines.

Hypothesis 2. The fishing area of boats with some catches out of those boats operating fisheries in a certain fishing ground in a certain night extends more than 5 miles in the direction along the isobaths or the isotherm. Therefore, the length of column of a fish school distributing in a certain fishing ground in a certain night extends 5 miles or so.

Hypothesis 3. Since the duration of fishing operation in same fishing ground ranges from 3 to 7 days, the fish school generally stays in the same sea-area for 3 to 7 days in succession.

The research project drawn up on the basis of these 3 hypotheses is summarized as follows :

(1) The offshore limits of each research sea-area will be as far as 3 miles off the 100 fathom isobaths.

(2) Research sections will be formed by partitioning a research area at 5 mile intervals so as to meet the 100 fathom isobaths or the hypothetic isotherm at right angles.

Received May 3, 1953. (印刷費負担)

* T. YOKOTA, Fishery biologist, chief of Nobeoka Branch of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency.
T. KITAGAWA, Mathematician, Science Faculty of Kyushu University,
T. ASAMI, Fishery biologist, Nobeoka Branch of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory,

(3) A observation line is drawn in parallel to the partioning line in each research section. A research vessel equipped with fish finder will sail on this line at a fixed speed using a fish finder continuously.

(4) Researches will be conducted in these sections simultaneously for 2 days.

(5) As secondary researches, the measurement of surface temperature and collection of data necessary to decide the species of fish by the images of fish schools recorded by means of fish finders will be conducted.

The method of estimation of fish schools was as follows:

(a) The following abbreviations were used for this purpose.

L ······Length of fish school calculated from the duration of the image of the recorded fish school.

H······Thickness or height of fish school calcurated from its image.

D······Density of fish school calculated from the thickness of its recorded image.

$X_{ij}=L_{ij}\times H_{ij}\times D_{ij}$······Amount of fish of a fish school.

$X_i=\sum_{j=1}^{n}X_{ij}$······Fish amount detected on each observation line.

$X=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}X_{ij}=\sum_{i=1}^{k}X_i$······Fish amount detected in the whole sea area.

(b) The following will outline the development of estimation of fish school amount in the research project.

The research was carried out on the basis of the hypothesis and plan mentioned above. But as a result of such research, it was found that the distribution of water temperature was complicated and the course of the research boats did not always intersect the column of fish schools at right angles. And at the same time the spacial distribution having a great variance, in $s^2=\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(X_i-\overline{X})^2$, it was common that s^2 became more than 1 in comparison with $\overline{X}$. Consequently, it was deemed difficult to make an exact estimation of the amount of fish distributing in the whole sea-area.

YOKOTA, therefore, contrived to make the estimation in the following process:

With the steering direction of a research boat always fixed, if the passege of the boat be drawn in parallel to it and a fish school be distributed in column taking an optional direction, the probability of intersection of the passage with the fish school may be expressed in $P=\frac{2l}{\pi h}$.

l ······Length of the column of fish school.

h ······Interval between the passages of research boat.

In a sea-area partitioned by an interval h and a fixed line out from the shore, if there be M_i number of fish schools of column of l_i in length and the probability that m_i number is detected in the passage be $P_i=\frac{M_i}{m_i!(M_i-m_i)!}\left(\frac{2l_i}{\pi h}\right)^{m_i}\left(1-\frac{2l_i}{\pi h}\right)^{M_i-m_i}$, and if each of these schools be distributed separating from others, the probability of the distribution of fish schools in one passage will be $F=\sum P_i$.

But YAMANAKA* tried to set up the following formula.

If $\frac{2l}{\pi h}=a$ and the probability of discovery of fish schools be $P=\int_l f(l)ald l=a\int_l f(l)ldl$, the probability of discovery of m number of fish schools out of n number of schools will be $F(m)$, and the following formula will be set up:

$$F(m)=\binom{n}{m}a\left(\int_l f(l)ldl\right)^m\left(1-\int_l f(l)ldl\right)^{n-m}$$

Both YOKOTA and YAMANAKA, in handling the number of fish schools, found it difficult to solve their own formulae in case of sea waters where fish schools of various types of length, breadth and height are distributed.

Dr. TAUTI presented his formula for this solution through his correspondence of January 26, 1953 to YOKOTA, the gist of which is as follows:

From the frequency distribution of L of Anchovy clarified on the basis of the data of the research conducted by YOKOTA in November 1953, the breadth (b) of a fish school is estimated to be approximately 0.01 mile; the length (l), approximately 0.27 mile; and the mean value of L, 0.031 mile, then we obtain

$$\frac{L}{b}=3.1$$

The probability of the intersection of a fish school (of breadth (b) and length (l)) with an observation line of breadth (β) (In case the effective point angle of a fish finder be 30°, a observation line will have breadth.) drawn in parallel to each other at an interval (B) will be

$$P=\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{\beta+l\sin\theta+b\cos\theta}{B}\frac{2}{\pi}d\theta=\frac{\beta}{B}+\frac{2}{\pi}\frac{l}{B}+\frac{2}{\pi}\frac{b}{B}$$

$$=\frac{2}{\pi}\frac{l}{B}\left(1+\frac{b}{l}+\frac{\pi}{2}\frac{\beta}{l}\right)$$

$$=\frac{2l}{\pi B}(1+k)$$

From the empirical value, we get $\frac{b}{l}\fallingdotseq\frac{1}{30}$; $\frac{\beta}{l}=\frac{1}{10}$ (in 100 meter depth); if k be negligible, we shall have $P=\frac{2l}{\pi B}$.

In this formula, B is constant. Supposing the length of a school be l_i, the

---

* YAMANAKA, Statistician of Japan Sea-area Regional Fisheries Research Laboratory.

breadth, b_i; the hight, h_i; the spacial density of inviduals, d_i; and if the number of schools occuring on a fixed line when n_i number of schools is distributing be $N_i = \frac{2l_i}{\pi B} n_i$; and if the mean length of schools occuring on a fixed line be $3b_i = L_i$, the total number of individuals in the waters observed will be indicated as follows:

$$d_i \times \frac{\bar{L}_i}{3} \times l_i \times h_i \times \frac{\pi}{2} \frac{B}{l_i} N_i = \frac{\pi B}{6} d_i \cdot \bar{L}_i \cdot h_i \cdot N_i$$

$$= \frac{\pi B}{6} d_i \cdot h_i \cdot \sum L_i$$

$$\doteqdot \frac{\pi B}{6} \sum d_i \cdot h_i \cdot L_i$$

In this way, an estimation formula coontaining no l_i was presented by Dr. TAUTI.

Accordingly, when there are no remarkable variations in the spacial distribution of fish schools, the mathematic model of Dr. TAUTI can be adopted as a method of calculation of the estimation of fish school amount.

Even though the spacial distribution and composition of fish schools can be clarified by means of fish finders, it is of vital importance to conduct beforehand experiments for obtaining the referential data for sea-area sampling design and to obtain the informations on the relation between the thickness of recorded images and the density of individuals composing the schools, the relation between the thickness of the recorded images and that of actual reflective bodies and the relation between the shapes of the recorded images and the spacial shapes of fish schools in the sea.

In connection with these matters, there is a problem regarding theoretical studies of super sound-wave and special studies of mechanical powers of fish finders to be taken up, but in this report, emphasis will be primarily placed upon the matters necessary for the design of sea-area sampling together with brief statements of the actual experiments.

II. Types of Recorded Images of Fish Schools.

1. Method of Research

As shown in Fig 1, the following three kinds of bamboo baskets were submerged at the bottom of the sea or midway from the bottom:

a. Spherical basket (of 1.0-1.7 cm. meshes and of 200 cm. in diameter) made of slitted bamboo (0.8 cm. in breadth);

b. Rotating oval-shape bamboo basket of 200 cm. in long diameter and 120 cm. in short diameter.

c. Equi-tetrahedral bamboo basket of 200 cm. in each side.

Then a research boat equipped with a fish finders (NEC 103 type B, 14.2 kc) continuously sailed over the submarged baskets and recorded the sounds reflected from them. Besides in order to know the difference of reflected sounds according to the size of meshes, spherical baskets (of 200 cm. in diameter) of meshes various sizes such as 0.9 cm. mesh, 1.9 cm. mesh or 3.0 cm. mesh were used. The reflected sound pressures from these baskets were measured by a resistance decremeter.

Further, in order to confirm the possible reflection of sound wave by the water stirred up by the swarm of migrating fish, we also recorded the reflecting conditions of the sound waves occurring at the time of sinking and ascending of the water-bottle of Kitahara type A, and at the same time recorded the sound waves occurred by a man who swam diving in the direction connecting the transmitting and receiving vibrators.

2. Experiments and their Results.

(a) Types of Recorded Images of Different Types of Bamboo Baskets

The first experiment was conducted on July 24, 1952, in a large waveless inlet of excellent transparency around Shimanoura Island by submerging baskets at the sea-bottom of 7 meters in depth. The scene may be observed pretty well from the picture (Fig. 1) taken by a hydro-camera of Asashi type K. Because the water had an excellent transparency and the research boat sailed just over the submerged baskets, the research boat could observe them very distinctly, and their diameter calculated from the recorded images looked just like the real one.

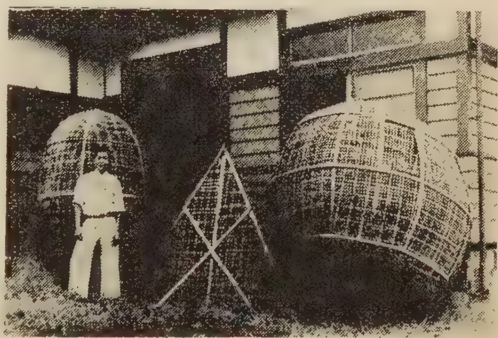


Fig. 1 Bamboo Baskets by 3 Types: Qval shape; Equi-tetruhedron shape; Spherical shape

As to the type of image, in case of a spherical basket, it looked like a rod of are shape at the upper end; in case of a rotating oval-shape basket, it was recorded as a triangular form with a base line a little longer than 2 meters. The slope of the front surface (the side recorded first) being more gentle than the back surface (the side recorded next), the thickness of the image appeared weaker. In case an equietrahedral basket, it was recorded in hill-like from of various types perhaps because the research boat could not sail right over its top.

The second experiment was made on December 22, 1952 in an inlet of the Totoro Bay, Nebeoka City, in an area of water depth of 18 meters or so. The research time was chosen when the sea was entirely waveless with no under current. But the transparency of the sea-water was not good.



Fig. 2 Bamboo basket submerged at the Sea Bottom (Picture taken by K-type hydro-camera)

This time bamboo baskets were submerged in the middle layer, instead of at the bottom of the sea. At either end of the baskets a buoy was attached with rope so that the research boat could sail right over the submerged basket when proceeding between the buoys. The speed of the boat was adjusted to about 3 miles per hour. It was found in these experiments that the detection of rotating oval-shape basket was more difficult than that of spherical ones.

Table 1.

	Spherical					Oval-shape			
	Depth	L	h	d		Depth	L	h	d
	meter	meter	meter			meter	meter	meter	
B1	4.3	3.6	3.3	3	A1	6.8	2.4	2.3	2
B2	4.3	3.6	3.4	3	A2	6.8	2.4	1.7	1
B3	6.8	3.0	2.4	1	A3	6.8	2.4	2.0	2
B4	4.5	3.6	3.4	3					
B5	8.0	3.0	2.3	1					

The result of these recordings is as shown in Fig. 3; and Table 1 indicates the depth, breadth (L), height (h) and density (d) of the baskets obtained by the regular calculation.

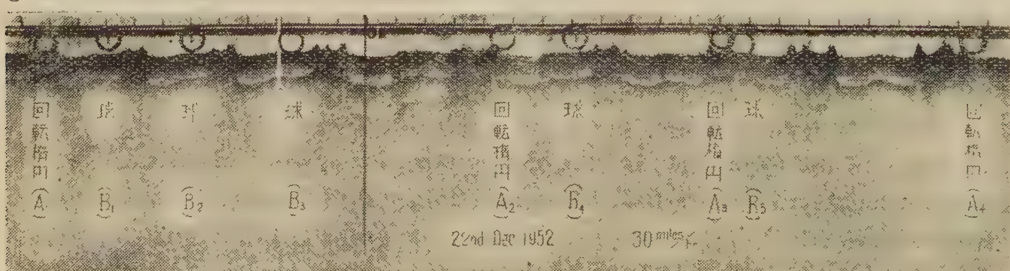


Fig. 3 Types of Recorded Images of Bamboo Baskets A···Oval-shape; B · Spherical

B_1, B_2 and B_4 in Fig. 3 may tell that the research boat sailed right over the spherical basket. The fact that L and h are greater than the real measurement (2 meters in diameter) will indicate the existence of a pointing angle in the fish finder even though there may be some accidental errors in the measurement of the speed of the boat or in the calculation by recorded images. The theory in regard to this

matter is fully explained by Dr TAUTI in the supplement attached to this report.

B_3 and B_5 show that the baskets were in the distance of 6.8 and 8 meters from the transmitting and recieving vibrators and the reflected sound pressure was outside the pointing angle 1/2. At the same time it may indicate that the reflective bodies were in a comparatively sharrow sea and the sensitivity of the fish finder was good owing to the low speed of the boat. It is also to be noticed that B_1, B_2, and B_4 have some good similarities to B_3 or B_4 in the lower part of their images, and they have been recorded like rods of arc shape at the upper end in general.

With regard to the rotating oval-shape baskets, it was submerged in a depth of 6.8 meters which perhaps was resulted in the thinness of its recorded images in general. The type of the images is a triangular form same as in the first experiment. L being about 2 times as long as the real diameter, h is almost equivalent to the real longer diameter (2 meters), which distinguishes this from the spherical basket.

Through these experiments it may be noticed that the image of a spherical body in the water is like a rod of arc shape at the upper end and resembles the image type of an Anchovy school, while in case of a rotating oval-shape body the image is recorded as a triangular form and resembles the image type of a Horse-mackerel school.

(b) Difference of Sound Pressure by Size of Basket Meshes.

An experiment on the difference of sound pressure according to the size of meshes of bamboo baskets was conducted in an inlet of the Totoro Bay, where the depth of water was 20 meters; the dgree of transparency was 5 and the height of waves was approximately 40 cm.



Fig. 4 Camparison of Refrected Sound Pressures According to Difference of Mesh Sizes.
Left: 3 cm mesh. Center: 0.9 cm mesh. Right: 1.6 cm mesh.

Baskets were submerged 10 meters deep at their upper end between the transmitting and receiving vibrators, their distance being 2 meters. The reflected sound pressure was messured by a sound surplus testing gear (resistance decremeter) manufactured by NEC.

The reflected sound pressure diminishes according to the size of meshes. But it

Table 2. Shows the result oi this experiment.

	Sea bottom	Reflected Sound Pressure		
		Mesh of basket		
		0.9 cm	1.9 cm	3.0 cm
1	d. b	29.9 d. b	26.0 d. b	21.5 d. b
2	——	28.9	24.1	20.4 d. b
3	38.9 d. b	29.9	27.0	20.4 d. b
4	——	——	26.0	——
mesh		29.6±0.47	25.8±1.05	20.8±0.52

is feared that the rolling of the boat by waves at the time of this experiment affeted the result to a great extent. Therefore, only the data will be mentioned here.

(c) Reflection from Stirred-up Water.

The recorded image of reflected sounds taken when a man was stirring up the water by swimming (breast stroke) in water layer of one meter deep from the surface on the line connecting the transmitting and receiving vibrators of the fish finder, can be seen in the expanded part under the transmitting line specified in Fig. 5.

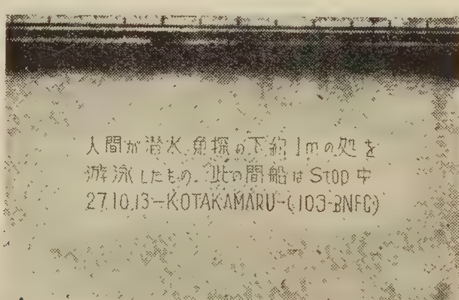


Fig. 5 Recorded Image of the Passage of a Swimmer diving under Fish Finder in the Layer of about one meter deep.

It shows that the reflected sound may be recorded even after about one minute has elapsed since the passage of the swimmer. The duration time of recording the reflected sound after the passage of the swimmer is long in propo. ion to the number of the swims made in parallel simultaneously.

In drawing water from middle layer by a water bottle of Kitahara type A, the passing process of the water bottle as well as of the messenger was recorded as shown in Fig. 6. It shows that the thickness of recorded image is greater at the time of sinking of the water bottle than at the time of its coming up. It was thought that such difference might occur because of the bubbles attached to the water bottle. But by a closer examination it has been found that such analysis is not correct because same recorded image can be obtained by repeated operations of the bottle without pulling it out into the air. Further, the sinking speed of the bottle is found

to thicken the image. From these points the difference of thickness of the recorded image at the time of sinking and pulling up has been deduced to occur from the degree of disturbance of the seawater by the up and down movement of the bottle. The disturbed part of water reflects sound pretty strongly.

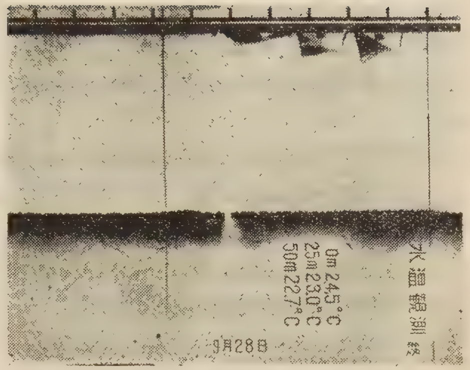


Fig. 6 Recorded Image of Water Bottle in Up and Down Operation.

Having regard to the abovementioned data, it appears to be reasonable to consider that the reflection of sound waves in regard to fish schools is a combination of the reflection from the individual bodies composing a fish school and that from the part of disturbance caused by the movement of a fish school.

III. Study of Sea-area Sampling Design for Fish School Research.

1. Method of Research.

The research carried out by Yokota since July 1951 has clarified that in the summer season there migrate big schools of Sardine in the Bungo Channel. Thus, the project for fish school research was determined to be conducted in summer in same Channel by means of fish finders. In order to make a basic study for establishment of sea-area sampling design, a preliminary research was conducted on August 28 and 29, 1952 on board the Iyo Maru of the Ehime Prefectural Fisheries Experimental Station and the Hayasui Maru of the Oita Prefectural Fisheries Experimental Station through fish school research on the fixed line inregard to the distridution of fish schools in the Bungo Channel. On the basis of the preliminary research, which confirmed the distribution of fish schools in the waters of 5 miles west and east and 20 miles north and south on the line, as the centre, made by connecting Dōjihana of the middle part of Sata point and Mizunoko Island, the sea-area where the research

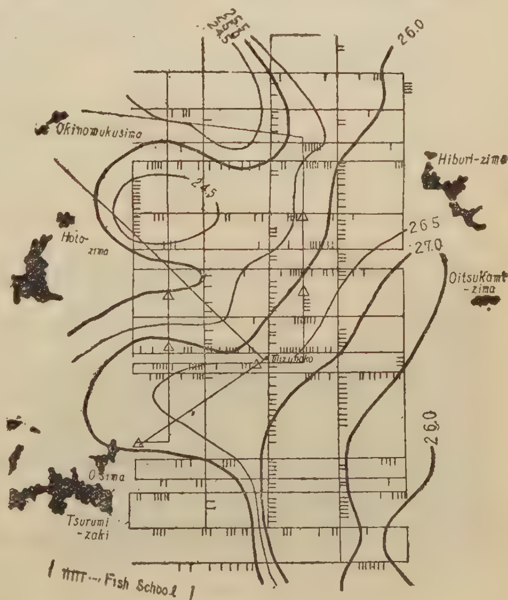


Fig. 7

to be conducted was determined as specified in Fig. 7.

(A) Contents of Research.

The following were the detailes of the project and the handling of collected data :

(1) Problems of Quantitative Measurement of Fish Schools.

(a) Observation of size of unit fish school by species.

(b) Observation of density of fish school.

(c) Observation of composition of fish schools.

(2) Estimation Formulae.

(a) In case of the East-west line.

The amount of fish determined by (1) above is indicated as X_{ij} ($i=1,2,3\cdots\cdots15$); and j indicates No. j fish school met on No. i East-west line.

$$X_i=\sum_{j=1}^{ni} X_{ij} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\overline{X}^{(1)}=\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{15} X_i \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\mu(2)=\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{15}(X_i-\overline{X}^{(1)})^2 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$\mu(3)=\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{15}(X_i-\overline{X}^{(1)})^3 \quad \cdots\cdots (4)$$

$$\mu(4)=\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{15}(X_i-\overline{X}^{(1)})^4 \quad \cdots\cdots (5)$$

$$\alpha_3=\frac{\mu^{(3)}}{(\mu^{(2)})^{\frac{3}{2}}} \quad \cdots\cdots (6)$$

$$\alpha_4=\frac{\mu^{(4)}}{(\mu^{(2)})^2} \quad \cdots\cdots (7)$$

(b) Same calculation will also be made in regard to the North-south line.

(c) $\overline{X}\pm\frac{t_{14}(\alpha)}{\sqrt{14}}s_x$; $\overline{Y}\pm\frac{t_4(\alpha)}{\sqrt{4}}s_y$ ($\alpha=0.01$; $\alpha=0.05$)

In calculation of the distribution of fish schools, if the population be non-normal, the above formula will be modified by 3 and 4. (In case of Gram-Charlier type A population or B population, Pitman test will be applied.)

(3) Besic Study.

(a) Statistics of the breadth of fish schools will be obtained on both East-west and North-south lines.

(b) Statistics of the interval of fish schools will be obtained on both East-

west and North-south lines.

(c) Equilateral triangle navigation will be made by intersecting the North-south line at 60° and the correlation of school amounts on the three sides will be observed.

(d) On the basis of the data obtained on the adjacent East-west lines, the series correlation coefficient will be obtained.

(B) Plan of Research.

(a) Sampling of East-west observation lines.

The sea-area determined in Ⅲ 1 will be divided equally into 5 research areas by East-west lines; and 3 East-west observation lines be established at random in each research area.

(b) Sampling of North-south observation lines.

The East-west line of 10 miles will be divided equally into 5 observation lines.

(c) Triangle navigation.

The research boat which has completed an assigned research by sailing on the East-west observation line will come to its designated position and then proceed north. On its way it will operate triangle navigation 2 or 3 times.

Fig. 7 shows the arrangement of the abovementioned observation lines.

(C) Participating Research Boats.

The research boats which participated in the project were as follows:

Owner	Name of vessel	HP	Type of finder
Kochi Prefectural Fisheries Experimental Station	Kotaka Maru	D. 140HP	Nihon Radio
Ehime 〃 〃	Iyo Maru	D. 140HP	NEC 103
Oita 〃 〃	Hayasui Maru	30HP	NEC 103
Nankai Regional Fisheries Research Laboratory	Kotaka Maru	45HP	NEC 103
Osumi Fisheries Guidance Station	Shirasagi Maru	65HP	NEC 103

The Kotaka Maru of Kochi Prefecture equipped with a fish finder of different type from others sailed on the North-south line and the other 4 boats made their assigned research on the East-west lines. (Fig. 8).

These boats were mustered on August 30, 1952 in Usuki Port. The Hayasui Maru having the lowest speed began research from the furthest south observation line while the others sailed in parallel with each other.

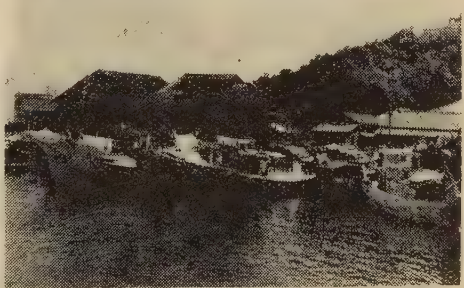


Fig. 8 Research Boats clusterel in Usuki Bay 30th, Aug. 1952.

2. Enforcement of Research.

The research boats mustered in the port of departure began to sail out together at 06,00 Augast 31, 1952 by a signal of flash light and proceeded to their respective directive by taking their desinated courses. They measured at every 30 minutes the surface water temperature and returned to Usuki Port at 16:00. Owing to the disabled fish finder of the Shirasagi Maru, one of the observation lines in D sea-area was left unobserved.

The quantitative calculation of fish schools was made throughout that night on the basis of the recorded images taken through the research. The calculation included only the length (l miles) of the section of the fish schools from the duration time of recording and the speed of navigation, and the height (h meter) of the fishschools calculated from the length of the vertical direction of recorded images. As regards the thickness of recorded images, it was taken up, but was not used. In the estimation of and h, only the part of equal thickness of the images was used. (cf. Dr. TAUTI's "How to Read Recorded Image" in the attached supplement)

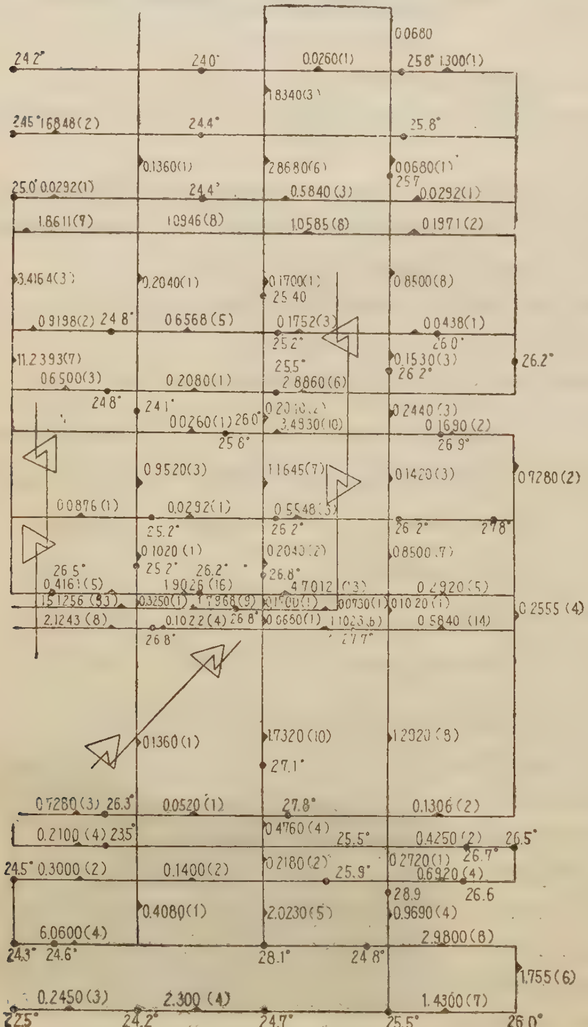


Fig. 9

3. Arrangement of Research Data.

All fish schools recorded were assigned their number in order and the length (l) and height (h), and the quantity ($l \times h$) of fish schhols were registered. The recording papers were arranged so that, in inverse proportion to the speed of each research boat, the East-west direction (X direction)

might be coordinated according to the numbering of the observation lines of the North-south line (Y direction) and that Y direction might be coordinated according to the numbering of the observation lines of X direction. Such coordinates are shown in Fig. 9. The correlation of (l) and (h) by species is indicated in Table 5 to Table 10. Tables 11 and 12 show the interval length ($B.L$) of fish schools; and Table 13 to Table 18 indicate the data calculated in regard to the triangle navigations.

Table 5. Correlation of (L) and (H) Anchovy, X-direction

(H) \ (L)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2		1		1		1			
4	2	2	4		1	1			
6	3	2	1	1	1	1	1		1
8	1		2		2	1		1	1
10	2	1	3				2	1	
12			1		2		1		
14			1						
16		1		1				1	
18						1			
20								1	
Total	8	7	12	3	6	5	4	4	2

(H) \ (L)	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	Total
2	1									4
4										10
6				1					1	13
8	1									9
10			1							10
12										4
14										1
16	1		2		1					7
18										1
20										1
Total	3		3	1	1				1	60

Table 6. Correlation of (L) and (H) Anchovy, *X*-direction

		(L) 0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.09	0.14	Total
(H)	2	14	2				1			17
	4	19	11	6	1					37
	6	8	6	9	2		1			26
	8	5	8	6	1	1				21
	10	5	10	1	2	1		2	1	22
	12		5	6	2					13
	14	1	2	5	1	1				10
	16	3	4		2					9
	18	1	1		2					4
	20			2						2
	22			1						1
	24		1			2				3
	26									
	47		1							1
	54			1						1
	Total	56	51	37	13	5	2	2	1	167

Table 7. Correlation of (L) and (H) Mackerel, *X*-direction

		(L) 0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.09	Total
(H)	2	2	3					5
	4	4	4	2				10
	6	1	1					2
	8							
	10		1				1	2
	12				1	1		2
	Total	7	9	2	1	1	1	21

Table 8. Correlation of (L) and (H) Sardine, Y-direction

		(L) 0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
(H)	2									
	4									
	6		1	1	1		2			
	8								1	
	10		1	1				1		
	12				1				1	
	14									
	16						1	1		
	18								1	
	Total		2	2	2		3	2	3	

0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.26	Total
1						6
						1
						3
			1	1		4
			1	1	1	3
		1			1	4
						1
1		1	2	2	2	22

Table 9. Correlation of (L) and (H) Anchovy, *Y*-direction

	(L) 0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.22	Total
(H) 2		2					1		3
4	2	20		1		1			24
6	3	17	1	1				1	23
8	1	12	1	2	1				17
10	1	11		1					13
12		12	2				1		15
14		4	2						6
16		1							1
18			1						1
20		1	1						2
32		1							1
Total	7	81	8	5	1	1	2	1	106

Table 10. Correlation of (L) and (H) Horse-mackerel, *Y*-direction

	(L) 0.01	0.02	0.03	0.04	Total
(H) 2			1		1
4			2		2
6	1				1
8				1	1
24				1	1
Total	1		3	2	6

Table 11. Interval Length of Fish Schools (*X*-direction)

n^1	A	n	nA	m−A	$(m-A)^2$	$n(m-A)^2$	$(m-A)^3$	$n(n-A)^3$	$(m-A)^4$	$n(m-A)^4$
	0.02	10	0.20	−0.608	0.370	3.70	−0.224	−2.240	0.136	1.360
	0.04	18	0.72	−0.588	0.345	6.210	−0.2025	−3.640	0.1190	2.14
3	0.06	15	0.90	−0.568	0.322	4.830	−0.1830	−2.740	0.1040	1.56
1	0.08	21	1.68	−0.548	0.300	6.300	−0.1640	−3.440	0.0898	1.885
2	0.1	35	3.5	−0.528	0.278	9.73	−0.1470	−5.150	0.0775	2.710
3	0.2	36	7.2	−0.428	0.183	6.58	−0.0783	−2.72	0.0334	1.200
5	0.3	25	7.5	−0.328	0.1075	2.69	−0.0352	−0.879	0.0115	0.287
1	0.4	18	7.2	−0.228	0.0520	0.935	−0.01184	−0.213	0.00270	0.0485
2	0.5	12	6.0	−0.128	0.0164	0.197	−0.00209	−0.0251	0.000267	0.00320
3	0.6	9	5.4	−0.028	0.000784	0.007	−0.000022	−0.000197	0.0000006	0.0000054
	0.7	2	1.4	+0.072	0.00517	0.01034	+0.00037	+0.00074	0.000028	0.000056
1	0.8	6	4.8	+0.172	0.0296	0.1776	+0.00508	+0.03048	0.000873	0.005238
	0.9	3	2.7	+0.272	0.0740	0.222	+0.0201	+0.0603	0.00546	0.01638
1	1.0	11	11.0	+0.372	0.138	1.518	+0.0512	+0.5632	0.01905	0.209
3	1.5	15	22.5	+0.872	0.759	11.35	+0.662	+9.920	0.577	8.66
2	2.0	4	8.0	+1.372	1.882	7.528	+2.580	+10.320	3.540	14.160
1	2.5	3	7.5	+1.872	3.500	10.500	+6.54	+19.62	12.20	36.60
1	3.0	2	6.0	+2.372	5.63	11.26	+13.35	+26.70	31.70	63.40
	3.5	2	7.0	+2.872	8.24	16.48	+23.60	+47.20	67.80	135.60
2	4.0	2	8.0	+3.372	11.35	22.70	+38.30	+76.60	129.0	258.00
1	4.5	3	13.5	+3.872	14.97	44.91	+57.9	+173.7	224.0	672.0
	6.0	1	6.0	+5.372	28.80	28.80	+155.0	+155.0	832.0	832.0
	6.5	1	6.5	+5.872	34.40	34.40	+202.0	+202.0	1187.0	1187.0
1	7.0	1	7.0	+6.372	40.60	40.60	+258.0	+258.0	1645.0	1645.0
1	8.5	1	8.5	+7.872	61.80	61.80	+486.0	+486.0	3830.0	3830.0
	Σ	256	160.7			333.435		{ −21.047297 +1465.71472		8693.8444
	mean		0.628							
	σ 2					1.300				
	σ					±1.140				
	μ 3							+5.43		
	μ 4									33.9
	α 3							3.80		
	α 4									20.2

$$\alpha_3 = \frac{5.43}{1.143} = \frac{5.43}{1.43} = 3.80 \qquad \alpha_4 = \frac{33.9}{(1.14)^4} = \frac{33.9}{1.68} = 20.2$$

Table 12. Interval Length of Fish School (*Y*-direction)

n^1	A	n	nA	m−A	$(m-A)^2$	$n(m-A)^2$	$(m-A)^3$	$n(m-A)^3$	$(m-A)^4$	$n(m-A)^4$
1	0.02	1	0.02	−0.617	0.380	0.3800	−0.234	−0.2340	0.144	0.1440
2	0.04	6	0.24	−0.597	0.356	2.1360	−0.212	−1.2720	0.1265	0.7590
	0.06	6	0.34	−0.577	0.333	1.9980	−0.1925	−1.1550	0.1105	0.6630
	0.08	8	0.64	−0.557	0.310	2.4800	−0.1724	−1.3792	0.0958	0.7661
2	0.1	21	2.1	−0.537	0.288	6.0300	−0.1543	−3.2400	0.0828	1.7400
1	0.2	26	5.2	−0.437	0.1909	4.9600	−0.0833	−2.1600	0.0364	0.9450
	0.3	13	3.9	−0.337	0.1136	1.4750	−0.0383	−0.4980	0.0129	0.1680
5	0.4	12	4.8	−0.237	0.0561	0.6730	−0.0133	−0.1600	0.00316	0.0379
2	0.5	9	4.5	−0.137	0.0188	0.1692	−0.00257	−0.02312	0.00352	0.003168
1	0.6	2	1.2	−0.037	0.000137	0.0003	-5060×10^{-9}	−0.00000	187000×10^{-12}	0.00000
2	0.7	3	2.1	+0.063	0.000396	0.0012	$+25000\times10^{-9}$	+0.0000	1570000×10^{-12}	0.00000
	0.8	5	4.0	+0.163	0.0266	0.1330	+0.00433	+0.02165	0.000705	0.0035
	0.9	2	1.8	+0.263	0.0691	0.1382	+0.0182	+0.0364	0.00378	0.00756
	1.0	11	11.0	+0.363	0.1316	1.450	+0.0477	+0.5240	0.0173	0.1900
2	1.5	4	6.0	+0.863	0.745	2.980	+0.643	+2.572	0.554	2.216
1	2.0	2	4.0	+0.363	1.860	3.720	+2.540	+5.080	3.46	6.92
	2.5	2	5.0	+1.863	3.47	6.94	+6.46	+12.92	12.00	24.00
	3.0	1	3.0	+2.363	5.59	5.59	+13.2	+13.2	31.20	31.20
1	3.5	2	7.0	+2.863	8.20	16.40	+23.45	+46.90	67.20	134.40
	4.0	2	8.0	+3.353	11.30	22.60	+38.05	+76.10	127.0	254.0
	5.0	1	5.0	+4.363	19.03	19.03	+82.90	+82.90	361.5	361.5
1	6.0	1	6.0	+5.363	28.80	28.80	+154.0	+154.0	826.0	826.0
1	8.0	1	8.0	+7.363	54.20	54.20	+398.0	+398.0	2930.0	2930.0
	Σ	141	89.84			182.2839		{ −10.12133 { +792.25405		4575.663528
	mean		0.637							
	μ 2					1.29				
	μ 3							+5.54		
	μ 4									32.4
	α 3							+3.79		
	α 4									19.5

Table 13. Two Minutes Equilateral Triangle Navigation.

Sardine

K_1	0	0	0
K_2	0. 1168	0. 6132	1. 4162
K_3	0	0	0
K_4	0	0	0
I_1	0. 0672	0	0. 6368
I_2	0	0	0
I_3	0	0	0. 0756
I_4	0	0	0
H_1	0	0	0
H_2	0	0	0
H_3	0	0	0
H_4	0	0	0

$R_{xy}=+0.90$ $R_{xz}=+0.94$
$R_{yz}=+0.893$

Table 14. Two Minutes Equilateral Triangle Navigation.

Anchovy

K_1	0	0. 4818	0
K_2	0. 0438	0	0. 1752
K_3	0. 0146	0	0
K_4	0	0	0
I_1	0	0. 0880	0
I_2	0. 1676	0	0. 7224
I_3	0	0. 0840	0. 1344
I_4	0	0. 1008	0
H_1	0	0	0
H_2	0	0	0
H_3	0. 1440	0	0
H_4	0	0	0

$R_{xy}=-0.26$ $R_{xz}=+0.68$
$R_{yz}=-0.18$

Table 15. Six Minutes Equilateral Triangle Navigation.

Sardine

No.	X	Y	Z
I_1	0	0. 2352	0. 9892
I_2	0	0	0. 1344
K_1	0. 2044	0	1. 4162
K_2	0	0	0
H_1	0	0	0
H_2	0	0	0

Table 16. Six Minutes Equilateral Triangle Navigation.

Anchovy

No.	X	Y	Z
I_1	1. 0888	0	0. 7224
I_2	0. 0332	0	0. 1344
K_1	0. 1168	0. 0584	0. 3942
K_2	0	0. 0584	0
H_1	0	0	0
H_2	0	0	0

$R_{xy}=-0.083$ $R_{xz}=+0.903$ $R_{yz}=-0.032$

Table 17. Three Minute Equilateral Triangle.

Sardine

Ship	Y_1	Y_2	X_1	X_2	Z_1	Z_2
K_1	0	0	0. 1168	0. 0438	1. 4162	0
K_2	0	0	0	0	0	0
I_1	0	0. 2352	0	0	0. 1680	0. 8212
I_2	0	0	0	0	0. 0765	0
H_1	0	0	0	0	0	0
H_2	0	0	0	0	0	0

Table 18. Three Minutes Equilateral Triangle.

Anchovy

Ship	Y_1	Y_2	X_1	X_2	Z_1	Z_2
K_1	0	0.0584	0.0730	0.0438	0.1752	0.2190
K_2	0.0584	0	0	0	0	0
I_1	0	0	0.4536	0.2352	0.7224	0
I_2	0	0	0.0332	0	0	0.1344
H_1	0	0	0	0	0	0
H_2	0	0	0	0	0	0

IV. Result of Research

(A) Outline of Sea Conditions and Distribution of Fish Schools.

The water temperature and the distribution of fish schools observed by the research boats at an interval of 30 minutes on their research courses are shown in Fig. 7.

In the observation of the distribution of water temperacure, a water mass of low temperature came from NW direction into the waters east of the Okino-Mukushima, which formed a 24.5°C isotherm of semioval shape. In the waters east of the Hotojima, there was an egg-shape low temperature water mass of 24.5°C isotherm ; and a remarkably low temperature water mass was observed stretching out east in the waters south of Turumizaki. And a high temperature water mass was running NNE toward the Hiburi-Jima from the center of the mouth of the Bungo Channel.

It is worthy of our notice here that there was observed a discrepancy of about 3°C in the same mouth of the Bungo Channel between the water temperature observed by the Hayasui Maru during 06.00 to 08.00 hours and that observed by the Kotaka Maru of Kochi Prefecture during 0900 to 1600 hours. Presumably such discrepancy was originated from the difference of tide periods because the age of the moon on that day of research was 10 and the changing time from low tide to high tide fell at 0800 or so. Such phenomenon, therefore, is regarded as a peculiar case that may happen in the Bungo Channel, which is directly connected with warm ocean tide outside.

A 26°C isotherm ran from NE corner of the research area to SW at an angle of 30° to 45° with y observation line, then curved west at the north side of the Mizunoko-jima, then ran down south in the mouth of the Saeki Bay, and went east at the north side of Ōshima and then down south of the outside of the low temperature water mass off Tsurumizaki. It was observed that a 25.5°C isotherm at the west side of the 26°C isotherm as well as a 26.5°C isotherm at the east side ran almost in parallel with the 26°C isotherm. Between these two isotherms of 26°C and 26.5°C,

there were observed a great number of current rips, especially arround the Mizuno-ko-Jima.

With regard to the population of fish, Sardine were found in abundance in the vicinity of the current rips west of the low temperature water mass east of the Hoto-Jima as well as in the outside of a low temperature water mass east of Tsurumi-zaki. And in the central part of the Bungo Channel many schools of fish were observed: Anchovy mostly, in the waters north of the Mizunoko-jima; and Sardine, in the current rips west of the Mizunoko-jima.

(B) Composition of Group of Fish Schools.

As regards (a) and (b) of the contents of the Research (A) (1), their outline has already been stated in II. So we shall take up here only the matters belonging to (C) together with (A).

(1) Statistics of Breadth of Fish Schools.

In the measurement of the breadth (l) of the recorded section of a fish school cut by the observation lines in X and Y directions, it was found in X direction that the breadth of 10% of the total number of fish schools was more than 0.10 mile as indicated in Table 5, while 90% of them was less than 0.10 mile; and the mode of frequency distribution of the breadth was 0.03 mile representing 20% of the total number of fish schools. Table 19 shows the characteristic value of the frequency distribution, which indicates the mean value of 0.055 mile and the standard deviation of ±0.0475, with the skewness of +1.500 and kurtosis of 8.62. This shows the distribution of great inclination with wide standard deviation.

In Y direction, as shown in Table 8, the distribution has a wide range, namely from 0.02 mile to 0.26 mile; and the mode of frequency is hardly recognizable. The characteristic value of the frequency distribution is as indicated in Table 19. The mean value is 0.10 mile; the standard deviation, ±0.08; the skewness, +1.04; and the kurtosis, 3.24. This shows that, though there is some inclination, its kurtosis is not so large as in X direction and its mean value is two times as great as in X direction. This presumably denotes that there is some relation with the longer distribution of fish schools in Y direction than in X direction.

Anchovy The characteristic value of Anchovy in X direction is shown in Table 6, while that in Y direction is indicated in Table 19. The frequency distribution of l in both directions shows a very intense inclination on small sides. The mode in X direction being 0.01 mile, that in Y direction is 0.02 mile. In X direction, the mean value is 0.023 mile; the standard deviation, ±0.0162; the skewness, +2.54 and the kurtosis, 20.2 In Y direction, however, the mean value is 0.0245; the standard deviation, ±0.0214; the skewness, +7.09; and the kurtosis, 65.9. Fish schools of $l=0.02$ represent 80% of the total schools. Such difference of mean values as seen in

Sardine between in X and Y directions is not discernible in Anchovy.

Horse-mackerel The statistics of Horse-mackerel in X direction are shown in Table 7 and those in Y direction are indicated in Table 10. The mean value being 0.023 and 0.03 respectively, no difference is discernible between the two directions in the mean value.

It can be said, therefore, that l of Sardine is bigger in Y direction than in X direction, but no difference is discernible in between the two directions in case of Anchovy and Horse-mackerel.

(2) Statistics of Height or Thickness (h) of Fish Schools.

Sardine The statistics of the height (h) of fish schools in X and Y directions are shown in Table 5 and Table 8 respectively; and its characteristic value is as shown in Table 19. The mean values in X and Y directions (in calculation of the mean of h, the aggravation mean was taken by.) are 9.75 meters and 13.0 meters respectively; and the standard deviations in the two directions are ±4.84 and 3.12 respectively. The mean value is a little greater in Y direction than in X direction. Their skewness is +0.252 and −0.9113 respectively. So it can be said that the mode of frequency distribution of h inclines towards the left in X direction; and it inclines towards the right in Y direction. The kurtosis in X and Y directions being 2.2 and 3.18 respectively, the frequency distribution of h in X direction is flat.

Anchovy The frequency distribution of h is as shown in Table 6 and Table 9. It characteristic value is as indicated in Table 19. The mean values in X and Y directions are 9.75 meters and 8.5 meters respectively; and the standard deviations are ±2.2 and ±4.4. The scattering in X direction being very great, their skewness is +4.09 and +1.47 and their kurtosis is 14.45 and 8.077 respectively. It can be said the frequency distribution in X direction shows an extraordinary type of distribution including towards the left.

Horse-mackerel As shown in Table 7 and Table 10, the mean value is 6.6± 3.84 meters in X direction and 9.0±2.37 meters in Y direction. Scarcely any difference can be seen between the two directions.

As regards the height (h) of fish schools, therefore, the mean value of Sardine is a little greater in Y direction than in X direction. Some difference is seen in the types of frepuency distribution of both Sardine and Anchovy in the two directions. And it can be said that Sardine and Anchovy resemble in their skewness, but they are adyerse to each other in their kurtosis.

(3) Statistics of Intervals of Fish Schools

If the interval of two fish schools, namely the distance between the hindmost part of a certain fish school recorded first and the foremost part of the fish school recorded next, be indicated in mile as its unit, Table 11 shows such interval in X

direction, and Table 12 shows it in Y direction. The mode of frepuency distribution in either direction is 0.2 mile. The characteristic values of their frequency distribution are shown in Table 19. The mean values in X and Y directions are 0.628 mile and 0.638 mile respectively ; their standard deviation, 1.140 and 1.138 respectively ; their skewness, +3.80 and 3.79 respectively ; and their kurtosis, 20.2 and 19.5 respectively. And it can be said that all of these characteristic values are almost same in either direction and show a type of frepuency distribution inclining towards the original point (0) ; and most of the measnred data are concentrated around the mode.

(4) Composition of Fish Schools.

On the basis of the statistics mentioned in (1), (2) and (3) above, the composition of fish schools can be surmised as follows :

Anchovy In case of Anchovy, it is thinkable that the mean values of and h of a fish school observed from the two directions which are intersected at right angles with each other are almost equal and $l \fallingdotseq 0.01$ mile · $h \fallingdotseq 8$ meters is the size of a unit school.

Anchovy of this unit size are generally distributed separating from others at a distance and Interval of about 0.2 mile, but rarely do they make a large group of schools in a mass or in stratum..

Sardine In case of Sardine, Sardine of a unit size ($l \fallingdotseq 0.01 \cdot h \fallingdotseq 8$) are observed in a mass or in atratum more frequently than in Anchovy. And a large group is made more often by the clustering of unit schools in a mass than by the clustering in strata. This is understandable by the connection of the statistics of h and l.

As to the direction of their clustering. Y direction is considered more predominant than X direction because the mean of l in Y direction is two times as large as that in X direction. In consideration of the sea conditions in addition, it is thinkable that Sardine make clusters along the direction of distribution of isothserms.

Horse-mackerel Judging from the fact that the image type of a Horse-mackerel school resemble rotating oval shape, the shape of Horse-mackerel school is considered to be of rotating oval.

In this way, it is summarized that such unit or group fish school as mentioned above are mostly distributed in the sea at a distance or interval of 0.1 to 0.2 mile.

(C) Distribution of Fish schools.

If a research boat completing a navigation on a designated observation line in a sea-area specified in Fig. 7, steering north in parallel with the NS line, sailes 2 minutes turning 120° with the NS line, then sails 4 minutes turning 120° and again turns 120°, the boat will be in parallel with the NS line. When the boat sails 6 minutes in the same direction, then sails 6 minutes turning 120° and again sails 2 mi-

Table 19. Summation Table.

	N	m	σ	α_3	α_4	N-1	Σns^2	$S=\sqrt{\frac{\Sigma ns^2}{N-1}}$	$m\pm\frac{t(\alpha)}{\sqrt{N-1}}S$ $\alpha=0.01$	$m\pm\frac{t(\alpha)}{\sqrt{N-1}}S$ $\alpha=0.05$	Remarks
Fish School											
amount (Total)	14	3.382	±3.117	+1.73	5.61	13	135.9989	3.23	3.382±2.7	3.382±1.938	X Direction
〃 (a)	〃	1.683	±1.421	+0.447	1.356	〃	29.6851	1.501	1.683±1.25	1.683±0.901	〃
〃 (s)	〃	1.19	±1.38	+1.108	3.308	〃	26.6993	1.43	1.11±1.19	1.19±0.858	〃
〃 (t)	5	7.82	±5.13	+0.335	1.271	4	132.1894				Y Direction
〃 (s)	〃	4.055	±5.11	+1.12	2.64	〃	130.6015				〃
〃 (a)	〃	3.483	±2.20	+0.464	1.57	〃	24.245				〃
Number of											
fish schools (t)	14	13.8	±11.03	+0.815	2.84	13	1704.360	11.45	13.8±9.58	13.8±6.78	X Direction
〃 (a)	〃	10.2	±10.01	+0.5	2.70	〃	1404.360	10.40	10.20±8.702	10.20±6.24	〃
〃 (s)	〃	2.5	±2.47	+1.286	4.00	〃	85.500	2.56	2.5±2.14	2.5±1.53	〃
〃 (t)	5	24.2	±18.08	+0.455	1.212	4	1633.800				Y Direction
〃 (a)	〃	3.4	±3.38	+0.448	1.245	〃	57.2000				〃
〃 (s)	〃	20.0	±15.87	+0.346	1.21	〃	1259.000				〃
Fish School											
amount (s)	162	1.10	±0.532	+0.427	2.26	161	45.90	0.532	1.10±0.108	1.10±0.08	X Direction
〃 (a)	〃	1.68	±0.55	−0.032	2.84	〃	51.0256	0.55	1.68±0.111	1.68±0.085	〃
〃 (s+a)	〃	2.80	±0.776	+0.0049	2.79	〃	97.55	0.776	2.80±0.157	2.80±0.12	〃
〃 (t)	〃	3.31	±1.17	+0.282	2.08	〃	222.384	1.17	3.31±0.237	3.31±0.18	〃
L (a)	167	0.230	±0.0162	+2.54	20.2						X Direction
L (a)	106	0.0245	±0.0214	+7.09	65.9						Y Direction
L (s)	60	0.055	±0.0475	+1.500	8.62						X Direction
L (s)	22	0.10	±0.08	+1.04	3.24						Y Direction
L (h)	21	0.023	±0.0195	+							X Direction
L (h)	6	0.03	±0.01	+							Y Direction
H (s)	3.16	9.75	±4.84	+0.252	2.2						X Direction
H (s)	3.2	13.00	±3.13	−0.9113	3.18						Y Direction
H (a)	3.86	9.75	±2.2	+4.00	14.45						X Direction
H (a)	2.60	8.5	±4.4	+1.47	8.077						Y Direction
B. L. (t)	256	0.628	±1.140	+3.80	20.2						X Direction
B. L. (t)	141	0.638	±1.135	+3.79	19.5						Y Direction

(s)=Sardine (a)=Anchovy (h)=Horse-mackerel (t)=Total B. L. =Interval length of fish schools.

nutes turning 120°, such equilateral triangle as shown in Fig. 10 can be obtained By one triangle navigation, therefore, we can obtain two 2-minutes equilateral triangle navigations and one 6-minutes equilateral navigation triangle.

Suppose the side of these triangles intersecting 120° with the NS line being X; the side intersecting 60° being Z; and the side in parallel being Y. Then calculated fish amounts detected on these sides are shown in Table 13 and Table 18. In calculation of the correlation coefficients of the calculated fish amounts on the basis of data as specified in the two tables, Sardine should be placed out of the question because of the insufficiency of the number of their detections.

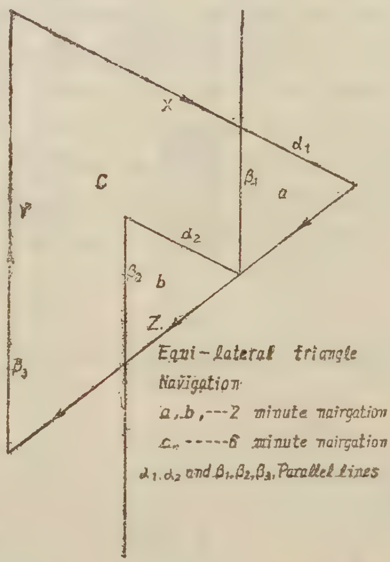


Fig. 10

Anchovy In the 2-minutes equilateral triangle navigation having $R_{xy}=-0.26$; $R_{xz}=+0.68$; $R_{yz}=-0.18$, there can not be seen almost any correlation between (X. Y) and (Y. Z), but there is some correlation in (X. Z). The 6-minute equilateral triangle navigation having $R_{xy}=-0.083$; $R_{xz}=+0.903$; $R_{yz}=-0.032$, there can be seen no correlation between (X. Y) and (Y. Z), but there is a close correlation in (X. Z). Accordingly, it is thinkable that fish schools are distributed in the direction where they may intersect with X and Y sides; and it bears just the same resemblance to the direction of distribution of the isotherms.

Then on the basis of calculated fish amount by the coordinates as specified in Table 3 and Table 4, correlation coefficients of the observation lines adjacent to X direction and Y direction respectively will be obtained. Then the significance of those having great correlation coefficients will be examined by F-test. Its result is as shown in Table 20.

Further, when the auto-correlation coefficient be obtained by using (λ) of various sizes in regard to the fish schools detected on all observation lines in X direction, it can be found that the value in case of $\lambda=5$ becomes great as indicated in the same table:

As indicated in the above table, no correlation is seen in the distribution of the calculated fish schools on the observation lines in Y direction, but large correlation coefficients are mostly obtained in X direction; especially significant coefficients are calculated between x_7 and x_9. This may explain about possible abrupt change in

Table 20.

Correlation coefficient	Number of pairs (N)	f. d (N−2)	F-test	Remarks
R_{x5}. $x6=+0.88$	4	2	○	F-test——$\alpha=0.05$
R_{x7}. $x8=+0.94$	4	2	*	
R_{x8}. $x9=+0.956$	4	2	*	
R_{x9}. $x10=+0.92$	4	2	○	
R_{x11}. $x12=+0.845$	4	2	○	
R_{x12}. $x13=+0.835$	4	2	○	
$R_{x16}(x_{17}+l)=0.92$	3	1	○	l is carried down to the right by each area.
$R_x(2-6)x(7-12)=+0.948$	5	3	*	Auto-correlation x_{11} excluded $\lambda=5$
$R_x(7-12)x(13-17)=+0.829$	5	3	○	x_{11} excluded $\lambda=5$
$R_x(7-11)x(12-16)=+0.908$	5	3	*	$\lambda=5$
$R_x(2-6)x(13-17)=+0.949$	5	3	*	$\lambda=5$
$R_x(2-6)x(7-11)=+0.294$	5	3	○	* Significant

Note: All correlation coefficients of Y direction being small ($Yi\pm l$), calculation of big correlation coefficients was not available by any means.

the position where fish schools are detected in Y direction, because they move generally along Y direction in column. But it may be said for such reason that the position where fish schools are detected on the observation lines adjacent to X direction resembles the position in Y direction. Next the significance of most of the auto-correlation coefficients obtained by putting $\lambda=5$ may explain the existence of distribution of a similar type in regard to the fish schools within the three zones of the sea-area sectioned by $\lambda=5$ for the research this time. Moreover, the reason why the correlation coefficient falls into disorder by adding x_{11} may be explained by the fact that x_{11} is a line drawn in current rips. This indicates a special phenomemon and x_{16} also bears resemblance to x_{11}.

V. Estimation of Fish School Amounts.

(A) Fish School Amounts in X and Y Directions; Table 3 and Table 4 show the fish schools detected in X and Y aireitions; and Fig 7 and Fig 11 show the distribution of calculated fish schools on the basis of such amounts.

$$S_x=\sum_{i=2}^{17}\sum_{j=1}^{n}X_{ij}=65.1468$$

$$S_y=\sum_{i=2}^{5}\sum_{j=1}^{n}Y_{ij}=39.1018$$

Total extension of observation lines in X direction……10miles × 16 = 160 miles.

Total extension of observation lines in Y direction……20miles × 5 = 100miles.

Supposing $S_y X \frac{160}{100} = 39.1018 X \frac{8}{5} = 62.5692 = S'_y$

S_x and S'_y can be said to be approximate. For this reason it can be noted in such research areas as selected on the basis of data relating to the ranges of distribution of fish schools obtained by the preliminary researches this time that the fish schools detected in a unit navigation distance are approximate regardless of the direction of the observation lines.

(B) Random Integration.

(1) Purly Random Sampling.

The calculated fish schools detected on the desingated observation lines such as $x2$, $x3$, $x5$, $x6$, $x7$, $x8$, $x9$, $x10$, $x11$, $x12$, $x13$, ($x14$ omitted), $x15$, $x16$, $x17$ are supposed to have finite sums (xi) respectively. The calculation of $\overline{X}^{(1)} = \frac{1}{14}\sum_{i=1}^{14} X_i$ $\mu^{(1)}$ $\alpha 3, \alpha 4$ is shown in Table 19. This may not be considered as a normal distribution in the strict sense, but it may be assured there is some distribution approximate to this.

$$S^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X}^{(1)})^2 \quad \overline{X}^{(1)} = m$$

In calculation of $\alpha = 0.01$ and $\alpha = 0.05$ in regard to $m \pm \frac{t(\alpha)}{\sqrt{N-1}} s$ we can obtain such results as shown in Table 19, which may not indicate the correctness of the estimation very well.

(2) Stratified Random Sampling.

The whole research sea-area is divided equally into 5 smaller sea-areas, in which 3 observation lines are drawn at random respectively. Then one observation line will be sampled in each of these smaller sea-areas and the mean amount of fish schools obtained on these observation lines are supposed to have finite sums ($f(x_i)$). Then the mean value is expressed as $3^5 = 243$. But since one observation line is omitted in D sea-area, the actual mean value is $3^4 \times 2 = 164$.

Supposing in $S(f) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{162} f(x_i)$, the standard deviation for $f(x_i)$ being σi; and $\mu^{(2)} = \frac{1}{n}(f(x_i) - S(f))^2$. $\alpha 3$ and $\alpha 4$ thus obtained are shown in Table 19. In this way, the total sum of Sardine and Anchovy school amounts may approach the normal distribution.

In obtaining the confident limits of the population mean of $f(x_i)$, we shall have $S^2 = \frac{1}{n-1}(f(x_i) - S(f))^2$ (denoting $S(f)$ as m,)

$$m \pm \frac{t_{(n-1)}(\alpha)}{\sqrt{n-1}}$$

This is shown in Table 19.

Table 21. Sequential Random Integration.

Amount of Fish Schools (X)	Sea Area (Relative Unit)			log(X)
	$F(Y)$	$f(Y)$	$\frac{f(yi-1)+2f(yi)+f(yi+1)}{4}$	
16.5	0.02	0.02	0.018	1.2175
16.0	0.05	0.03	0.028	1.2041
15.5	0.08	0.03	0.032	1.1903
15.0	0.12	0.04	0.038	1.1761
14.5	0.16	0.04	0.040	1.1614
14.0	0.20	0.04	0.040	1.1461
13.5	0.24	0.04	0.035	1.1303
13.0	0.26	0.02	0.030	1.1139
12.5	0.30	0.04	0.032	1.0969
12.0	0.33	0.03	0.035	1.0792
11.5	0.37	0.04	0.032	1.0607
11.0	0.39	0.02	0.028	1.0414
10.5	0.42	0.03	0.028	1.0212
10.0	0.45	0.03	0.035	1.000
9.5	0.50	0.05	0.082	0.9777
9.0	0.70	0.20	0.120	0.9542
8.5	0.93	0.23	0.228	0.9294
8.0	1.18	0.25	0.238	0.9031
7.5	1.40	0.22	0.245	0.8751
7.0	1.69	0.29	0.275	0.8451
6.5	1.99	0.30	0.300	0.8129
6.0	2.30	0.31	0.305	0.7782
5.5	2.60	0.30	0.300	0.7404
5.0	2.89	0.29	0.292	0.6990
4.5	3.20	0.31	0.412	0.6532
4.0	3.54	0.34	0.620	0.6021
3.5	5.03	1.49	1.280	0.5441
3.0	6.81	1.78	1.828	0.4771
2.5	9.07	2.26	2.140	0.3979
2.0	11.33	2.26	2.312	0.3010
1.5	13.80	2.47	2.730	0.1716
1.0	17.50	3.72	2.772	0.000
0.5	18.70	1.18	1.520	−0.3010

$$In\quad S^2=\frac{1}{n-1}\left\{\sum_{i=1}^{162} ni(\sigma_i^2+\{f(X_i)\}^2-n\{s(f)\}^2\right\}$$

$$If \quad n_i=5\,;\; n=\sum_{j=1}^{162} ni=810,$$

the confident iimits of the population mean of Anchovy is obtained as follows:

$$m\pm\frac{t_{n-1}(\alpha)}{\sqrt{n-1}}s=1.68\pm\frac{1.960}{\sqrt{809}}\times 2.06=1.68\pm 0.142 \qquad (\alpha=0.05)$$

It can be said that even this indicates the correctness of the estimation

(C) Empirical Stratification.

As mentioned in 4. (B), significant auto-correlation coefficients are noticed in $x2\sim x6$, $x7\sim x12$ and $x13\sim x17$ respectively. Further, in view of the sea-coditions it is considered that such significant coefficients are seen in independent water masses.

Now empirical stratification will be made in three strata including 5 observation lines in each of them.

Suppose $L_j(j=1,2,3)$; and the mean and standard deviation in each stratum being $\overline{X}j$ and j,

$$\overline{X}j=\frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5}Xij \qquad \sigma j^2=\frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5}(Xij-\overline{X}j)^2$$

The breadth of observation lines being d ; and that of research areas being D, the ratio of sampling is $f=\frac{d}{D}$.

Since d is smaller, $\frac{1}{f}\cdots\cdots\infty$

The estimation value of the whole fish schools in a certain stratum (L_j) being $\frac{1}{f}\cdot\overline{X}_j$; the scattering, $\left(\frac{1}{f}\right)^2\frac{1}{5}\sigma_j^2$; and the whole research sea-area will be expressed as $L=\sum_{j=1}^{3}L_j$.

Then supposing the estimation value of the total fish amounts to be X,

Table 22. Sequential Random Integration.

log(X)	Sea Area (Relative unit)				
	$f(y)$	Mean of log (X)	α	α_3	α_4
1.2—	5	0.335	0.332	+0.01426	2.85
1.0—	42				
0.8—	150				
0.6—	194				
0.4—	311				
0.2—	445				
0.0—	363				
−0.2—	189				
−0.4—	152				

$$X=\sum_{j=1}^{3}\frac{1}{f}\overline{X}_j=\frac{1}{f}\sum_{j=2}^{3}\overline{X}_j\,;$$

and the scattering, $\sigma^2=\sum_{j=1}^{3}\left(\frac{1}{f}\right)^2\frac{1}{5}\sigma_j^2=\left(\frac{1}{f}\right)^2\cdot\frac{1}{5}\sum^{1}\sigma_j^2$

we obtain, $C\cdot V=\frac{\sigma}{X}=\frac{\sqrt{\left(\frac{1}{f}\right)^2\cdot\frac{1}{5}\sum\sigma_j}}{\frac{1}{f}\sum\overline{X}_j}=\frac{\sqrt{\frac{\sum\sigma_j^2}{5}}}{\sum\overline{X}_j}$

x_2—x_6……L_1 $\overline{X}_1=1.932$ $\sigma_1^2=1.461$

x_7—x_{12}……L_2 $\overline{X}_2=3.863$ $\sigma_2^2=4.460$
(x_{11} excluded)
$\overline{X}_3=3.834$ $\sigma_3^2=20.310$

x_{13}—x_{17}……L_3 $\sum sx=9.629$ $\sum\sigma_j^2=26.231$ $\frac{1}{5}\sum\sigma_j^2=5.246$

$$C.V.=\frac{\sqrt{\frac{\sum\sigma_j^2}{5}}}{\sum\overline{X}_j}=\frac{\sqrt{5.246}}{9.629}=0.23$$

In this way, the correctness of estimation becomes high as a research of this type.

Fish schools migrate generally clustering towards current rips as their nature. In case there are several current rips in a wide sea-area, fish schools in each rip will migrate towards them making a similar type of distribution. So it seems beneficial for the research of fish schools to contrive an estimation method by empirical stratification so as to maintain the random nature of the research.

(D) Sequential Random Integration.

The methods of estimation as mentioned in (B) to (C) above as their object to make a direct estimation of fish amount in schools. Now the idea of sequential random integration may be introduced so as to make estimation of fish population in a certain research sea-area by measureing the extension of its area which may hold some amount of fish schools. In Fig. 11, the calculated fish schools detected on the observation lines in X direction are shown by the intervals of the coordinates made in proportion to the distance of the observation lines. The fish schools

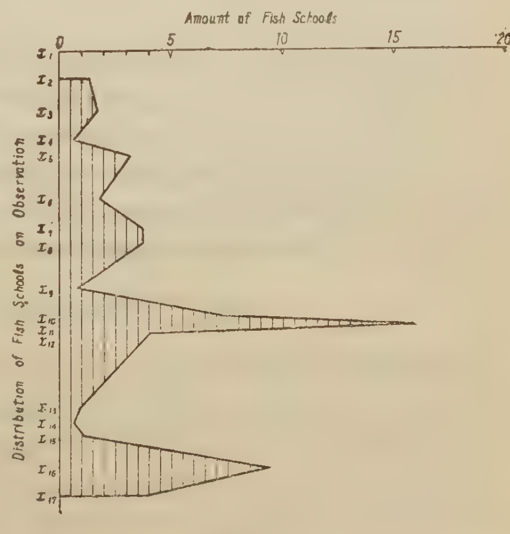


Fig. 11

indicated in this Figure have a complicated pattern of distribntion. Since fish schools are distributed at the lower side of the space surrounded by curved lines, the breadth which cuts the curved line showing fish schools by equal distant lines lying in parallel with the axis of coordinates may be deemed to be the breadth of the sea-area where the fish schools of such amount are distributed.

When Fig. 11 be obserbed by rotating by 90°, we can obtain a curved line drawn by the cumulative distribution function as shown in Table 21 and Fig 12, and, from this, a curved line (b) showing the probability density function can be obtained. This is considered to indicate the breadth of the sea-waters where fish schools by size are distributed.

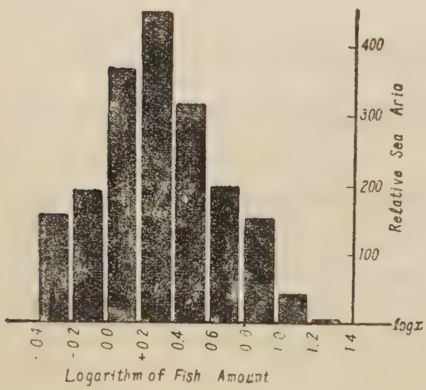


Fig. 12

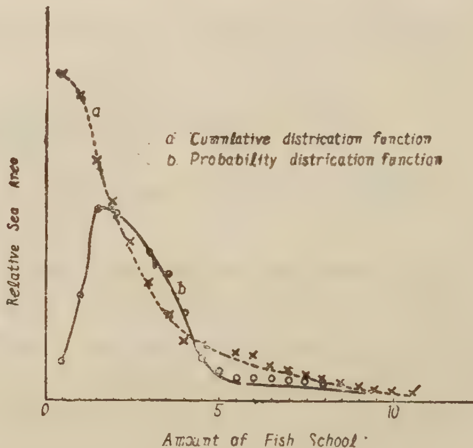


Fig. 13

The transformation of the logarithm of the curved line (b) is shown in Fig. 13, which explains $m=0.335$; $\sigma=\pm0.332$; $\sigma_3=+0.01426$; $\alpha_4=2.85$. In this way, normal distribution may be adopted as mathematic model.

If 0.4 be added for the purpose of taking off the negative sign of logarithmetic value, $m=0.735$ may be obtained. Then supposing $N=33$; $\alpha=0.05$; the following confident limits of the population mean will be obtained:

$$M\pm\frac{t_{N-1}(\alpha)}{\sqrt{N-1}}s=0.735\pm\frac{2.0423}{\sqrt{32}}\times0.337=0.735\pm0.122$$

Consequently, it is believed that, in fish school researches by means of fish finders, a method of estimation by examining the area of the distribution of fish schools which migrate in a pattern of logarithmical normal distribuion is a new method worthy to be introduced. And this will also make it understand able why it is almost nonsense even if we obtained great calculated fish schools in such a

small area as x_{11}.

VI. Closing Statement.

In closing this report, our sincere thanks must be expressed for the heartfelt co-operation of the following gentlemen in the enforcement of this research.

Mr. Ken YAMAUCHI, Chairman of Bungo Channel-Hiuga Strait Sardine Population Research Society and Chief of Oita Prefectural Fisheries Experimental Station.

Mr. Sadao FUJIEDA, Chief of Ehime Prefectural Fisheries Experimental Station.

Mr. Tetsuo TOJO, Chief of Kochi Prefectural Fisheries Experimental Station.

Mr. Sumio ARIMA, Chief of Osumi Fisheries Guidance Office, Kagoshima Prefecture.

Mr. Kenji KOBAYASHI, Mr. Junji NOTSU, Mr. Shoichi MORITA and Mr. Katsumi TAKEUCHI who are technical experts of the above-mentioned experimental Stations and Mr. Fujio KAMIURA, assistant expert of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory.

We wish also to express our appreciation to the crew members of the research boats-the Kotaka Marus, Iyo Maru, Hayasui Maru and Shirasagi Maru which participated in our fisheries research.

We are specially grateful for the kind aid an guidance of Mr. Morisabro TAUTI, Dr. Se., Professor of Tokyo Fisheries University and Mr. Keitaro UCHIDA, Dr. Agr., Professor of Kyushu University. Dr. TAUTI furnished us in his cordial letter to YOKOTA, one of the writers, with the explanation on the powers and application of fish finders, which through his kindness is published at the end of this report as supplement. All informations in his letter proved to be of a great importance in arranging and adjusting the data collected during our research. Dr. UCHIDA rendered us help and guidance in conducting a joint reseach by the fish finder and K type hydrocamera.

In writing in addition, because Mr. Toshio KITAGAWA, one of the writers, went over to India while drafting this report, it was not possible to obtain his final review upon some of the mathematical examinations involved in this research report.

Literature for Reference

(1) Study of the Ultrasonic Echo-sounder, Fish-finder and its Application. *Fishing Boat Series* II, December 1951. Fisheries Agency, Tokyo, Japan.

(2) T. KITAGAWA, *Random Integration, Bull. Math. Stat.* **4**, (1950), 15-21.

Supplement :

How to Read Images of Fish Schools

By Dr. Morisaburo Tauti
(Professor of Tokyo Fisheries University)

Chapter I. Reading of Thickness or Height (H) of Fish Schools.

In transmission of a sound continuing for Δt second, when a sound transmitted at a certain time be reflected back from a point of Z distance, the sound transmitted Δt second ago will be reflected from a point of $Z+\frac{v\Delta t}{2}$ distance (v=sound speed). Accordingly, echoes from reflective bodies between Z and $Z+\frac{v\Delta t}{2}$ will be recieved intermixed.

Suppose the distance from a sound origin to the distribution space of a reflective body be Z_0 ; the sound pressure recieved after $\frac{2Z}{v}=t$ second of the transmission be R_z ; the sound pressure transmitted in θ direction be P_θ ; the reflection coefficient in this direction be $h\theta$ and the decrement coefficient be μ ; then in case of scattering mainly, we shall have

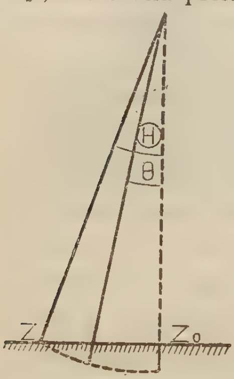


Fig. 1

$$R_z=\sqrt{\pi v\Delta t}\,\frac{P_0}{Z}e^{-\mu z}\left[\int_0^\theta h\theta\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2\sin\theta d\theta\right]^{\frac{1}{2}}$$

In this formula μ may be negligible ; in cace $h\theta$ does not refer to θ,

$$R_z=\sqrt{\pi v\Delta t}\,\frac{\sqrt{h}P_0}{Z_0}\cos\Theta\left[\int_0^\theta\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2\sin\theta d\theta\right]^{\frac{1}{2}}$$

For instance, in case of a 14.2 kc vibrator of 96mm×150 mm, we shall have the following expressions as indicated in Table 1 :

Table 1.

θ	$\frac{P\theta}{P_0}$	$\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2\sin\theta$	$\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2\sin\theta d\theta$	$\int_0^\theta\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2\sin\theta d\theta$	$\left[\int_0^\theta\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2\sin\theta d\theta\right]^{\frac{1}{2}}$	$\cos\Theta$	$\frac{Z_0R_z}{\sqrt{h}\sqrt{\pi v\Delta t}}$
0	1.00	0	0	0	0	1.000	0
10	0.95	0.146	0.0129	0.0129	0.113	0.985	0.11
20	0.83	0.236	0.0331	0.0460	0.214	0.940	0.20
30	0.68	0.231	0.0407	0.0867	0.294	0.866	0.26
40	0.51	0.167	0.0346	0.1213	0.348	0.766	0.27
50	0.35	0.094	0.0227	0.1440	0.380	0.643	0.24
60	0.23	0.046	0.0121	0.1561	0.396	0.500	0.20

70	0.15	0.021	0.0059	0.1620	0.402	0.342	0.14
80	0.11	0.012	0.0030	0.1650	0.406	0.176	0.07
90	0.09	0.08	0.0017	0.1667	0.406	0	0

When a fish school of b breadth are swimming in a depth of Z_0, between Z_0 and Z_0 sec Θ such sound pressure as mentioned in this calculation may occur; but in case of Z bigger than this, since the number of reflective bodies is definite, the pressure will become weaker than the calculation value mentioned above.

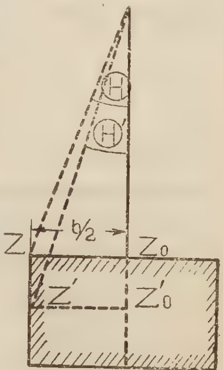


Fig. 2

In Fig. 2, supposing $\sin\Theta' = \frac{b}{2Z'}$; $Z'\cos\Theta' = Z_0'$ and $Z\cos\Theta' = Z_0'$; since the reflected sound pressure R_z' returning from Z' may be known by obtaining R_z for Θ' by the above table and by multiplying it by $\frac{Z_0}{Z'_0}$, the value of $\frac{Z_0' R_z'}{\sqrt{h\sqrt{\pi v \Delta t}}}$ for Θ' may be indicated in the final Column of the above table. Thus, if Z reaches under the lower edge of the fish school the value of R_z will show a speedy decrease.

The distribution of reflected sound pressure occuring when an Anchovy school of breadth of 20 meters and thickness of 10 meters are in strata of various depth will be shown as in Fig. 3.

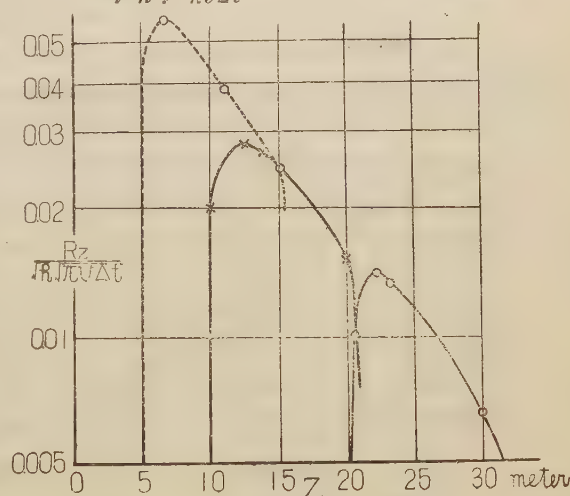


Fig. 3

As indicated in this Figure, the extension of Z having almost same reflected sound pressure shows the extension of the actual distribution of reflective bodies.

Chapter II. Reading of Length (L) of Recorded Images.

In case a boat equipped with a fish finder is in the center on the intersection with a fish school, the sound is felt after $\frac{2Z}{v} = t$ second from re- flective bodies whithin $Z = Z_0 \sec\Theta$ which satisfies $\frac{v\Delta t}{Z} = Z_0(\sec\Theta - 1)$.

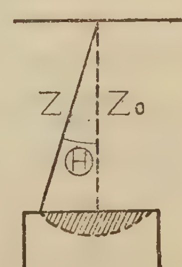


Fig. 4

Suppose the sound pressure be R_{z0}, we have

$$R^2_{z0} \doteqdot \int_0^\theta 2\pi Z \sin\theta Z d\theta Z_0(\sec\Theta - \sec\theta)\frac{P\theta^2}{Z^2}\cdot h\frac{1}{Z^2}$$

$$\therefore \quad R_{z0} \fallingdotseq \sqrt{\frac{2\pi h}{Z_0}} P_0 \cos\Theta \left[\int_0^{\Theta} \left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2 \sin\theta(\sec\Theta - \sec\theta) d\theta \right]^{\frac{1}{2}}$$

Suppose $v=1500$m/sec, and $t=\frac{1}{1000}$ sec, in calculation of a 14.2 kc vibrator of 96mm × 150mm, when $Z_0=5\sim20$m, we have

$$\cos\Theta \times \left[\int_0^{\Theta} \left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2 \sin\theta(\sec\Theta - \sec\theta) d\theta \right]^{\frac{1}{2}} \fallingdotseq \frac{0.38}{Z_0}.$$

$$\therefore \quad R_{z0} \fallingdotseq \frac{0.38\sqrt{2\pi h}}{Z_0^{\frac{3}{2}}} P_0$$

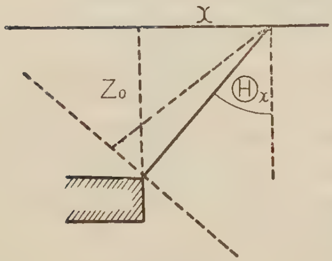


Fig. 5

When a boat goes out x distance from the end of the intersection, the reflected sound pressure can be estimated as $R\sqrt{Z^2+x^2}$, by placing $P_{\theta x}$ in lieu of P_0; and $\sqrt{Z_0^2+x^2}$, in lieu of Z_0 in the above formula and multiplying it by k (which is smaller than 0.71 and the bigger x is, the smaller.)

$$\therefore \quad \frac{R\sqrt{z_0^2+x^2}}{R_{z0}} = k \frac{P_{\theta x}}{P_0} \left[1+\left(\frac{x}{Z_0}\right)^2\right]^{-\frac{3}{4}}$$

In calculation of the referred fish finder, we can obtain such result as shown in Fig. 6.

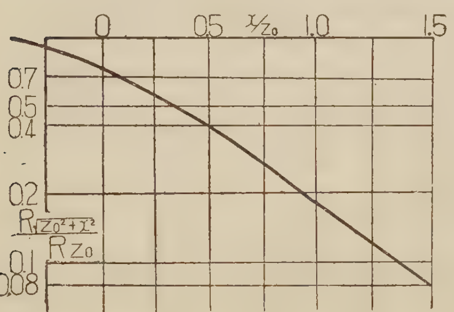


Fig. 6

Since reflected sound pressure of same degree as in the central part can be felt within x/z_0 to 0.5, the duration distance of records of a deep fish school will be considerably larger than the length of the section of the fish school. Therefore, by reducing the depth from the duration distance of records, an approximate length of the section of a fish school can be obtained.

Chapter III. Reading of Thicness of Recorded Images.

It has been already stated in Chapter II that the reflected sound pressure R_{z0} from the upper layer of a fish school of Z_0 depth can be approximately expressed in $R_{z0} \fallingdotseq \frac{0.38\sqrt{2\pi h}}{Z^{3/2}} P_0$. The reflected sound pressure R_{zs} (zs denoting sea depth and H, reflection coefficient; and it is supposed that a irregular reflection has been occurred.) can be calculated as follows:

$$R^2_{zs} = \int_0^{\Theta} \frac{H}{(Z/\cos\theta)^2} d[\pi(z\tan\theta)^2] \frac{P^2_\theta}{(Z/\cos\theta)^2} = \frac{\pi H}{Z^2} P_0^2 \int_0^{\Theta} \left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2 \sin 2\theta d\theta$$

Θ in this formula will be expressed in $Z_s(\sec\Theta - 1) = \frac{v\Delta t}{2}$. In calculation of the refer-

red fish finder, from

$$\int_0^{\theta}\left(\frac{P\theta}{P_0}\right)^2 \sin 2\theta d\theta \fallingdotseq \frac{0.43}{Z_s^{2.4}}, \qquad Rz_s \fallingdotseq 0.66\frac{\sqrt{\pi H}}{Z^{1.2}}P_0$$

can be obtained.

In case R_{z0} has almost same value, $\frac{h}{Z_0^3}$ will also have almost same value and since in a certain fishing ground and in a certain season h of a certain species is considered to have almost same value. In such case, Z_0 is estimated to have almost same value. In case of $R_{z0} \fallingdotseq R_{zs}$, when h and H in $\frac{h}{Z_0^3} \backsim \frac{H}{Z^{2.4}}$ are definite, $Z_0 \backsim Z_s^{0.8}$ may be established.

When the reflected sound pressure from a fish school is equal to that from the sea bottom, we have

$$\frac{0.38\sqrt{2\pi h}}{Z_0^{3/2}}P_0 = \frac{0.66\sqrt{\pi H}}{Z_s^{1.2}}P_0$$

$$\therefore \quad h = 1.5\frac{Z_0^3}{Z_s^{2.4}}H_0$$

As understandable from this fact, it is a mistake to calculate the spacial density of individuals only because the reflected sound pressure from the sea bottom is same with that from a fish school. In case the depth of the upper layer of a fish school Z_0 and the depth of the sea is Z_s it is understandable that the spacial density of individuals must be represented by $\frac{z_0^3}{z_s^{2.4}}$.

The Influence of Various Types of Tags and Pb-injection upon the Mortality Rate of Fish.*

Yoshio HIYAMA and Ryushi ICHIKAWA
(Fisheries Institute Faculty of Agriculture Tokyo University)

Introduction

At the end of last year, we reported that by Pb-acetate injection it is able to make the impression of the time upon the layer of scales and of other hard tissues of fishes. (HIYAMA and ICHIKAWA, A method to mark the time in the scale and other hard tissues of fishes to see their growth. Jap. Jour. of Ichthyology, vol. 2, no. 4/5, pp. 156--167) Thereafter, by this method, it became possible to solve problems of growth of scale and hard tissues, about which growth any sort of arguments exist regarding the identification of annuli, if the method is applied to tagging experiment keeping the fish in natural condition, or to cultivation of fish. Though we succeeded to keep the injected fish alive so long in cultivation, we were anxious to know about what influence the fishes would get by the injection upon their survival or mortality rate when they were tagged and liberated, because usually the results of tagging experiment, based upon the number of recapture, is used to enumerate the fish populations.

On the way to determine this by various methods, which would be described later, we wanted to see the influence of various types of tag itself upon the survival rate of fish.

Thus the following aquarium experiments and the analysis of the results of tagging experiments are done.

The authors wish to express our thanks to Mr. M. Hisada in charge of Marine Aquarium in Ueno zoological garden for all possible help in providing the tank and in supplying the exact data for us.

I. Experiment in aquarium.

i) **Materials and Methods.** The Japanese common goby, *Acanthogobius flavimanus*, fished by pole and line at Tokyo bay on 10th Oct. 1951, were used for this experiment. They were 81 in total number and grouped into three equal number,

Recieved May 27, 1953. (印刷費負担)
* 本研究は文部省科学研究費による。

eacn having 27. They are (A) fishes merely tagged by red celluloid, (B) fishes tagged by blue one after treatment of Pb-injection, (C) fishes without any tag nor injection. These tags are made of a small celluloid oval disc, having a nylon string attached (Fig. 1. d) and in which termination having a silver needle to pin through the opercular bone and fix to the hole of celluloid plate. A group of fishes with blue tag (B), 5 to 15 grams in body weight, were injected by 0.1 cc of 0.1% Pb-acetate solution per 10 grams body weight, so as to be sufficient enough to make the blue Pb-mark in scales.

These three groups of fishes were cultivated altogether in the same tank in Marine Aquarium in Ueno zoological garden, which is 3.5 feet deep, 4 feet long, and 5.5 feet wide, during 39 days from 10th, Oct. to 18th, Nov. 1952. Every day during this period, fishes died were recorded. And at the end of the period, all survivers were taken out and counted. After it, the tank was cleared and the tags dropped off from the fish were found on the bottom.

ii) **Results obtained.** Fishes discovered to be dead in this period are 18 in total ; in them, five with blue tag and four with red tag were dead within three days. And the remaining nine had no tag ; in them, four are recognized to have lost their tags because of their destructed opercular bone, but five are unable to be decided whether they were tagged or not, as they were found completely destructed by the water circulation system.

The survivers are 49 in total ; in them, eight are with blue tag, five are with red, and 23 are not tagged and 13 are found to have lost their tags.

After making the tank empty, we discovered 13 blue and 14 red tags dropped off from the fish on the bottom.

Summing these figures up, still 14 remains to be undiscovered, about which we are not aware of either they died or survived.

By making Table 1 from the results above mentioned, among these 14 undiscovered fishes, 10 is supposed to be tagged either red or blue, and 4 is supposed to be

Table 1.

		I	II	III	IV	V
		members in tank at the begining	survivers at the end	found to be dead	number of tags dropped on the bottom	undiscovered fishes
A	red tag	27	5	4	14	10
B	blue tag Pb-injection	27	8	5	13	
C	no-tag	27	23	0		4
D	tag-lost		13	4		
E	undistinguished to be tagged or not			5		

not tagged.

Based upon the data in Table 1, so as to see the influence of injection, the survival rate of Group A and B is compared. Here, since the result of the experiment is rather complicated, so the following two meanings of the mortality rate would be considered, They are

$$(1)\begin{cases} A' = \dfrac{\text{I A} - \text{II A}}{\text{I A}} = \dfrac{27-5}{27} = 0.80 \\ B' = \dfrac{\text{I B} - \text{III B}}{\text{I B}} = \dfrac{27-19}{27} = 0.70 \end{cases} \qquad (2)\begin{cases} A'' = \dfrac{\text{III A}}{\text{I A}} = \dfrac{4}{27} = 0.15 \\ B'' = \dfrac{\text{III B}}{\text{I B}} = \dfrac{5}{27} = 0.19 \end{cases}$$

Comparing these mortality rates, A' to B' and A'' to B'', within this extent of samples we used, it is hard to say that these mortality rates differ remarkably, that is, the treatment of Pb-injection would not have remarkable influence on the mortality rate.

Beside this, by the same way, the influence of the tag itself would be examined, comparing the following mortality rate of four meanings.

(1) $(A+B)' = \dfrac{(\text{I A} + \text{I B}) - (\text{II A} + \text{II B} + \text{II D})}{\text{I A} + \text{I B}} = \dfrac{28}{54} = 0.52$, $C' = \dfrac{\text{I C} - \text{II C}}{\text{I C}} = \dfrac{4}{27} = 0.15$; (2) $(A+B)'' = \dfrac{\text{III A} + \text{III B} + \text{III D}}{\text{I A} + \text{I B}} = \dfrac{13}{54} = 0.24$, $C'' = \dfrac{\text{III C}}{\text{I C}} = \dfrac{0}{27} = 0$; (3) $(A+B)''' = \dfrac{(\text{I A} + \text{I B} - \text{V AB}) - (\text{II A} + \text{II B} + \text{II D})}{\text{I A} + \text{I B} - \text{V AB}} = \dfrac{26}{44} = 0.59$, $C''' = \dfrac{(\text{I C} - \text{V C}) - \text{II C}}{\text{I C} - \text{V C}} = \dfrac{0}{23} = 0$; (4) $(A+B)'''' = \dfrac{\text{III A} + \text{III B} + \text{III D}}{\text{I A} + \text{I B} - \text{V AB}} = \dfrac{13}{44} = 0.29$, $C'''' = \dfrac{\text{III C}}{\text{I C} - \text{V C}} = \dfrac{0}{23} = 0.$

Comparing each couple of figures, we can recognize the remarkable difference between these mortality rates exist in all four interpretations of the results of the experiment.

Usually, while the tagged fishes swimming around in the sea, there is evident possibility that some tags would drop off from them. So, if this rate can be got, the figure of the recovery must be adjusted. In this aquarium experiment, 54 fishes were tagged and totaly 27 tags dropped off during thirty-nine days (5.57 weeks). Hence the following equation can be made to obtain the rate of tag dropping for a week (m).

$$54(1-m)^{5.57} = 54-27 \quad \text{from this,} \quad m = 0.117$$

II. Consideration by the rate of recovery in tagging experiment.

On 21st, 25th Oct. and 2nd, 9th Nov. 1950, 1000 common goby, on 28th Sept. and 2nd Oct. 1951, 979 fishes and on 4th, 10th Oct. 1952, 978 were tagged and liberated in Tokyo bay.

In two latter years, a part of fishes were injected by 0.1 cc of 0.1% Pb-acetate solution per 10 grs of body weight. In 1951, 422 fishes were injected and 17 recaptured : in 1952, 351 injected and 24 recaptured. In 1951, 457 non-injected fishes with same tags were liberated and 29 recaptured : in 1952, 293 liberated and 9 recaptured. Hence, the rate of recovery of the injected fishes is calculated as (17+24)/(422+351)=5.3%. On the other hand, the rate of recovery of the non-injected fishes is (29+9)/(457+293)=5.1%.

Since no remarkable difference is found between these two values, the influence of Pb-injection upon the rate of recovery can be said as neglisible. (Here, the figures in our last article p. 167 is improved as it is accumulated.)

Ⅲ. Enumeration by the Process of recovery in tagging experiment.

During the tagging experiments, usually the recovery of the tagged fish decrease week by week, the fewer in the later day. This rate of decrease of the recovery(Mx) of fish having certain kinds(x) of tag is caused by the natural mortality rate(M), the rate of fishing(f), increased mortality by the influence of certain sorts of tag (mx), increased motality by Pb-injection(m') and rate of dropping of tag(m), if the rate of fishing during this period is constant.

So, the following formula can be considered,

$$1-Mx=(1-M)(1-f)(1-mx)(1-m')(1-m)$$

In these factors, $1-M'=(1-M)(1-f)$ can be obtained from the rate of decrease of average catch (catch per person per day) in corresponding season of these year. Because, this fish population is rather homogeneously distributed within a certain limitted area, so the average catch can express, in certain extent, the density of fish, which has linear relation to the fish population. So, the average catch is $y=\alpha(1-M')^n$ where n is number of week.

Table 2 shows the average catch (catch per person per day) obtained by the research of this sort of game fishing.

Table 2.

	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.
1950–1		185	174	105	135	114	61
1951–2	155	98	95	88	94	40	
1952–3	114	133	109	68	66	45	

The values of M' calculated for these three years are obtained by the graph using the least square method is as follows. Mo', rate of decrease per week in 1950-1 is 0.042 ; M_1' (in 1951-2) is 0.046; and M_2' (in 1952-3) is 0.045.

Mortality rate of fish having certain (x) sort of tag (Mx) can be obtained from

the rate of decrease of recovery (y) by the following formula. $y=\beta(1-Mx)^n$ where n is number of week passed from the liberation.

Of course, Mx should varies according its types of tag. So, each week's recovery of each types of tags we used (Fig. 1, a, b, c, d) are shown in table 3.

Table 3. Process of Recapture.

	Types of tags and Pb-injected or not	Year	Recapture of each week											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	Silver gilted copper needle	1950–1	5	11	1	1	1							
b_1	Nylon string	1951–2	17	6	3	1	0	1	1					
b_1'	Nylon string Pb-injected	1951–2	9	4	2	1	1							
c	Silver needle	1951–2	4	2	2	0	0	1	0	1				
d	Silver needle and nylon string	1952–3	2	3	0	2*	0	1						
d′	the same Pb-injected	1952–3	0	3	3	4*	3	1	2	0	2	0	1	1
b_2	Nylon string	1952–3	6	2	5	2*	3	1	1	1				

(* Figure is adjusted nearly by the amount of fishing effort)

By these data, a logarismic graph is made, and by the least square method the following each values of Mx are obtained.

$Ma=0.427$, $Mb_1=0.39$, $Mb_1'=0.44$, $Mc=0.29$, $Md=0.30$,

$Md'=0.114$, $Mb_2=0.216$.

Getting these values of Mx and M', and m from the aquarium experiment above mentioned (though it should be experimented for each sort of tag, but as only one kind was tested, this value 0.117 was substituted) the increased mortality by influence of various sort of tag (mx) can be obtained as follows.

$$1-mx=\frac{1-Mx}{(1-M')(1-m)}$$

The results obtained are :— $ma=0.32$, $mb_1=0.27$, $mc=0.155$, $md=0.617$, $mb_2=0.07$.

If these figures (mx) are compared each other, it is available for the consideration of what sort of tag has the least influence upon the motality rate, for the purpose of improvement of the method of tagging. This method is surely more practical than the aquarium test about the selection of type of

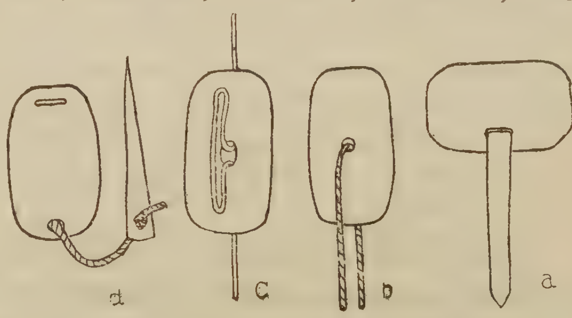


Fig. 1 Various kinds of opercular tags used (Ⅺ.5)

tagging, as we can do it in natural condition.

The results we obtained tells us that mb is the least, and ma is the most.

The mortality rate by the effect of Pb-injection m' is calculated from the following formura using values already obtained.

$$1-m' = \frac{1-Mx}{(1-M)(1-mx)(1-m)}$$

By this we could obtain, that m' is 0.08 in 1951-2 and −0.27 in 1952-3.

The fact that the latter figure is minus is quite strange and hard to imagine what sort of influence caused it. But any way, it can be said that Pb-injection has no bad influence to the mortality.

Summary

1) By an aquarium cultivation experiment Pb-injection has almost no influence on the mortality rate of the common Goby, (*Acanthogobius flavimanus*). On the other hand, the influence of tag bearing is quite significant, and also so many tags dropped off from the operculum during this period.

2) By comparing the rate of recovery in tagging experiments in three years, the influence of Pb-acetate injection is hard to recognize.

3) By comparing the rate of decrease of recovery of fish having various sorts of tags per week (Mx), knowing the rate of decrease of average catch corresponding to that tagging experiment (M'), and other figures, we could obtain the figures of the increased mortality caused by various sorts of tags (mx). Comparing these mx value we could assure that what sort of tag has the least influence to mortality of fish. And by this way Pb- injection is proved to have no unhealthy influence also.

稚魚の採集と染色の一新法

日下部台次郎
（内海区水産研究所）

On Collection and Staining of Young-fish.

Daijiro KUSAKABE

An end-cylinder as shown in Fig. 1. B was devised on the haul-net to collect young-fishes. They, entering into the net, are gathered around the median tube alive and being free from mutilation even when the net is lifted up.

To observe the details of the samples, staining with the dyes Cyanine 5R or First Fiack 8B is found to give a much better condition than the cases with any other staining materials as shown in Table I.

I 緒　　言

稚魚の研究は水産資源の研究や，その培養の問題に肝要であるのはいうまでもないが，査定に当つてはその特徴が成体とは著しく異り，又細部の発達が不完全であるので，検索は容易でない。之は魚類生活史研究上の一隘路と考えられる。以下稚魚研究上好結果を得た方法について報告する。

尚種々御指導を得た九州大学内田教授，並に本文を草するに当り，種々御助言を得た花岡資，久保伊津男両博士に厚く御礼申上げます。

II 採集について

普通の Plankton-net 式の網では網目がつまつて，採集が出来なかつたり，又底部に押しつけられて損傷し，査定上，困難を感ずることが多い。之を改良する為，筆者は最初，第1図 A の様に net の尻に水抜の穴を作り，その周囲に凹所があるようにし，凹所にはガーゼを当てゝ曳いてみた。之は採集成績は良かつたが，net をあげる時，水が切れて魚体が損傷するので，次に亜鉛引鉄板で第1図 B のような採集器を作つた所，極めて好成績を得た。之は底部中央に開放の管があつて曳網の際，水は速かに流出し，奥の採集器に集り，曳上げの際は，その水の中に入つたまゝでいるので，損傷を受けることなく，且生きたまゝなので，飼育，査定に便である。net の口と排水管の口の直径の最適の比率等は，今後尚研究せねばならないであろう。

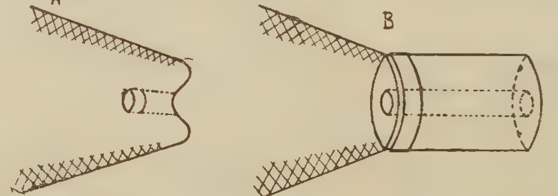


Fig. 1 cross-section of the of young-fish net.
A. type with pockets around the end-cylinder　B. type with end-cylinder. newly deviced

---

1953 年 3 月 30 日受理（印刷費負担）

Ⅲ 標本作製と染色について

未だ体色素の発達しない後期仔魚期以前のものは，すぐ formalin で殺すと deform するので，筆者は，Urethane 又は Chloretone を滴下して麻酔させ，Myotomes や Vertebrae を観察後，formalin で徐々に殺し，Fin-ray 其他を針で拡げて，固定し，完全な標本を作つた。但し管瓶等に保存するには，蛋白質が凝固するまでは Petri 皿のような中で一昼夜置き，固定してからにする必要がある。

之等 formalin 固定後の標本の観察には，従来，Methylen Blue による染色が行われている。しかしこれは酸化され易く，又，日光で褪色するのが速い欠点がある。それで筆者は次の様な酸性染料の 0.05 % 溶液に稚魚（全長 8～10 粍のヒイラギ *Leignathus argenteus* を用いた）を5分間浸して，染色の状況を検鏡比較した。第1表に示すように，結果は Cyanine と First Black が染色も簡単で，他のものより遙かに優れていることが判つた

鰭の位置，棘や軟条，口の形，鰓蓋骨上の棘，鱗等は染色の前後では観察の容易さに著しい差がある。（Fig. 2. A, B）此の方法は非常に簡便であり，稚魚のみならず，他のものにも利用し得ると思われるので，サイヤニン法（Cyanine Method）と名付けて推奨したい。

Table. 1 On the staining with the dyes

	Dyestuff	staining
1	Naphtol Yellow	+
2	Orange Ⅱ	+
3	Scarett 3 R	+
4	Violet 5 B	+
5	Alpharol Brawn	++
6	Milling Green	++
7	Pure Blue VX	++
8	Blue Black 10 B	++
9	Solar Cyanine 5 R extra	+++
10	First Black 8 B	+++
11	Nigroshine NB	++
12	Utopia sol Glorious	++
13	Methylen Blue	++





Fig. 2 Showing the effects of the staining.

A. Unstained　　**B.** Stained with Cyanine 5 R. (The colorless parts of the fins became clear)

ハリゴチ科魚類の近似三種間にみられる種性及び成長段階的形態変異について

落 合 明
（京都大学農学部水産学教室）

Morphological Variations Dependent on the Species, Sex, and Growth Stages, Found in Three Approximate Species belonging to the Family Hoplichthyidae

Akira OCHIAI

The morphological variations dependent on the species, sex, and growth stages are researched in three approximate species of the family Hoplichthyidae (*Hoplichthys gilberti* JORDAN and RICHARDSON, *H. langsdorfii* CUVIER and VALENCIENNES and *H. filamentosus* MATSUBARA and OCHIAI).

In this research, the auther particularly remarked the following body parts: trunk length, dorsal spine length, dorsal soft ray length and pectoral fin length, which are all distinctly variable with species, sex, and growth stages.

The results obtained are summalized as follows (Table 1).

1. The sexal dimorphism displays in all *Hoplichthys* in the same characters, such as trunk length, dorsal first spine length and dorsal first soft ray length.

2. There appears the tendency toward parallelism in the observed differences between sexes and also between growth stages, among all species through these characters.

3. The morphological differences dependent on sexes and growth stages run parallelld with those between two species, *H. gilberti* and *H. filamentosus*. *H. gilberti* differs from *H. filamentosus* in the same way that the male differs from female, or the old from the young. But these parallelism can not be found between *H. gilberti* and *H. langsdorfii*, nor between *H. langsdorfii* and *H. filamentosus*.

4. The specific differences are shown in the elongate conditions of dorsal soft rays of the male fishes which begin to mature (Fig. 6). *H. gilberti* diverges into two types in characters of soft dorsal fin. In one type, which is called herein as type A, the fourth to seventh soft rays are filamentous, whereas eighth to fourteenth are not longer than the first ray. The other type, which is called type B, is characterized by the length of second to thirteenth or fourteenth soft rays, which are longer than the first ray. In *H. langsdorfii* some anterior soft rays are filamentous and eighth to fourteenth rays are longer than the first ray. In *H. filamentosus*, all dorsal soft rays are filamentous, which is the peak of the differentiation of this character. The pattern of these processes in differentiation is shown in Fig. 7.

1953 年 5 月 11 日受理（印刷費負担）

1. 緒　　言

魚類の形態的変異に関与する要因としては，種・性・成長段階及び地理的分布などをあげることができる。種内の形態的な変異に関しては数々の報告がある。しかし同科または同属中の近似する種類について，いろいろの要因によつて誘発される形態的な変異を調べ，それらの相互関係を考察したものは極めて少い。

ハリゴチ科の性的な形態変異に関しては，既に GILBERT (1905) [1]，BARNARD (1927) [2]，FOWLER (1938) [3] 及び MATSUBARA (1953) [4] 等の報告があり，松原・落合 (1950) [5] もソコハリゴチ *Hoplichthys gilberti* JORDAN et RICHARDSON とナツハリゴチ *H. langsdorfii* CUVIER et VALENCIENNES について，種・性及び成長段階的な形態変異を詳報した。元来この科の魚類は，形態的な変異が複雑顕著であるから，性的分化と成長段階的な分化との関係及びこれらと種的分化との異同を検討するには好個の資料である。

こゝに用いた標本は，ナツハリゴチ 55 尾（雄 29 尾，雌 17 尾，若魚 9 尾），ソコハリゴチ 73 尾（雄 37 尾，雌 23 尾，若魚 13 尾），イトハリゴチ *H. filamentosus* MATSUBARA et OCHIAI 10 尾（雄 6 尾，雌 4 尾）からなる。また取扱つた形質は，体長と頭長との関係，背鰭第 1 棘長，背鰭第 1 軟条長及び胸鰭軟条長と頭長との関係である。なお第 1 及び第 2 背鰭の各棘・軟条長の変動状態をみるために，背鰭第 1 棘又は背鰭第 1 軟条長を規準とし，その他の棘・軟条長をその相対比であらわした。

本研究を行うにあたつて有益な助言を与えられ，校閲の労をお取り下さつた松原喜代松教授にお礼を申し上げる。

2. 結　　果

ハリゴチ魚類三種の体長と頭長との関係，頭長と背鰭第 1 棘長・同第 1 軟条長及び胸鰭軟条長とを，種・性並びに成長段階別に図示すると第 1～3 図のようになる*。

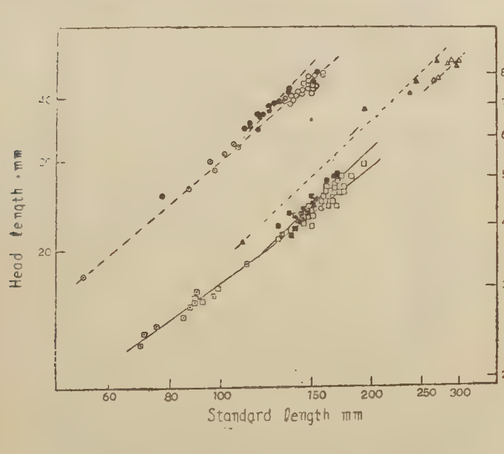


Fig. 1 Head length of *Hoplichthys* in relation to standard length. Double log. grid. circles, *H. langsdorfii*. squares, *H. gilberti*. triangles, *H. filamentosus*. ⊙, ⊡, young. ○, □, △, male. ●, ■, ▲ female.

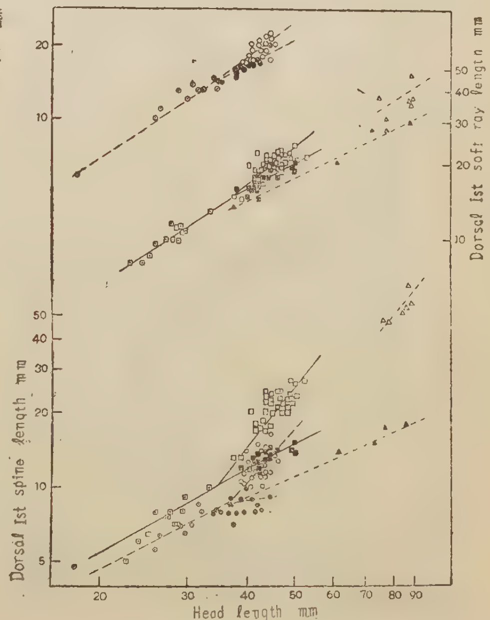


Fig. 2 Dorsal first spine and soft ray length in relation to head length for *Hoplichthys*.

* 性によつて体長と頭長との関係が異るのは，雄の軀幹長が雌のそれよりも大きいためである。頭長に関しては性的相違はみとめられない。

第1背鰭は六棘からなる。種・性・成長段階別に，各棘長の背鰭第1棘長に対する相対比の平均値を算出し，これを図示すると第4図のようになる。ソコハリゴチとイトハリゴトとは第2棘が最も長く第4棘以後は第1棘より短くなる。また第2棘の相対比は雄が雌より大きいが第3棘以後の相対比は却つて小さい。ナツハリゴチでは第2棘以後全棘にわたつて雌の相対比が雄より大きい。本種は両性ともに第 2~3 棘の相対比が小さい点で他の二種と異る。

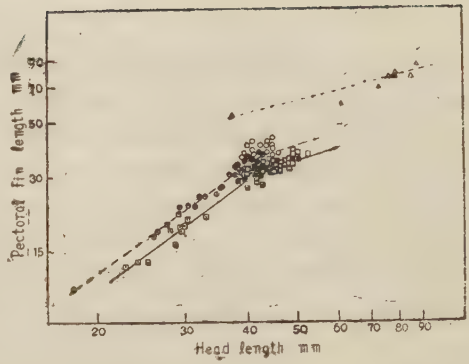


Fig. 3 Pectoral fin length of *Hoplichthys* in relation to head length.

種・性及び成若別に背鰭第1軟条長に対する背鰭各軟条長の相対的な大きさを図示すると第 5~6 図のようになる。雌及び若魚の背鰭各軟条長の相対比は，各種とも概ね第 2~8 軟条が第1軟条より長く，それ以後の諸軟条は次第に第1軟条より短くなる（第5図）。

雄では第 15 軟条を除けば，各軟条長は第1軟条長に略ゞ等しいか又はそれよりも長く，それらの相対比の変動状態には種的な分化がみとめられる（第6図）。イトハリゴチでは第 2~13 軟条はすべてよく延長して糸状になる（相対比が 1.5 より大きいものを延長するということにする）。ナツハリゴチは第 4~7 軟条（時には第8軟条）が延長し，第 9~12 軟条が伸長する（相対比が 1.0~1.5 までのものを伸長すると呼ぶ）。

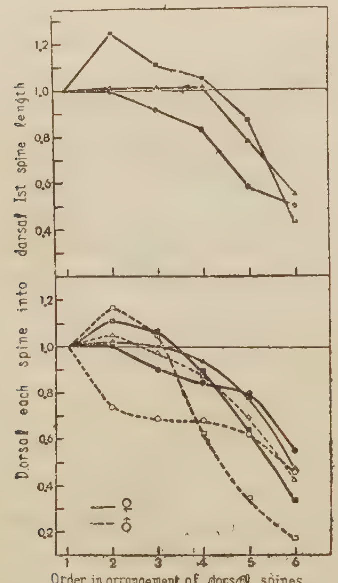


Fig. 4 Variation of the ratio of each dorsal spine into dorsal first spine length. upper, young*. lower, adult. circles, ***H. langsdorfii.*** triangles, ***H. gilberti.*** *squares*, ***H. filamentosus.***

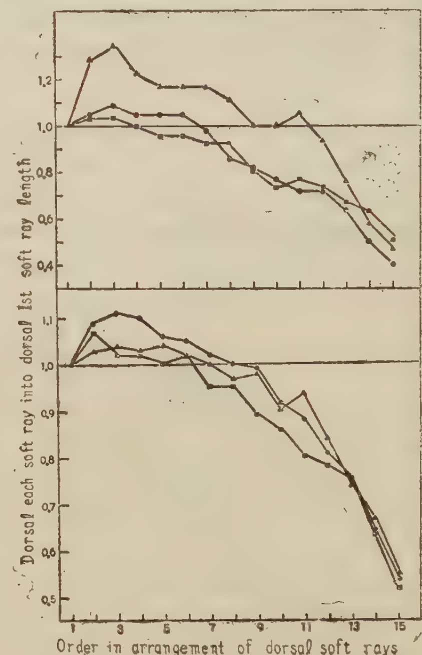


Fig. 5 Variation of the ratio of each dorsal soft ray into dorsal first ray length. upper, young. lower, female. ● ***H. langsdorfii***, ▲ ***H. gilberti.***, ■ ***H. filamentosus.***

* イトハリゴチでは参考までに，雌の最小体長 111.5 mm のものをもつて幼魚にかえた。

ソコハリゴチには二つの型が見出される。一つは第8～15軟条が伸長しないものであつて(相対比が 1.0 よりも小さい)，これを A 型となずけることにする。他の型は第 2～13 または 14 軟条がすべて伸長乃至は延長するものであつて B 型とよぶことにする。

3. 考　　察

躯幹長・背鰭第1棘・背鰭第1軟条及び胸鰭軟条長にみられる種，性並びに成長段階的分化を一括してしめすと第1表のようになる。

胸鰭軟条長ではハリゴチ類のいずれの種類でも，第二次的性徴がみとめられないが，躯幹長・背鰭第1棘長及び背鰭第1軟条長ではすべての種類で明らかな二次的性徴がみられる。しかし種類間の第二次的性徴を量的に比較すると，形質によつて同じこともあれば異ることもある。

性的変異と成長段階的変異との間には，種類・形質の如何にかゝわらず，平行的な関係が一般に成り立つ。即ち雌型は若型に，雄型は成型に相当する。これは雄の形質分化が複雑高度であつて，成熟期に現われる成長屈折(Growth inflection)が雌にくらべて雄の方が大きいか又は雄の成長度が雌のそれよりも大きいことに関連している。

ソコハリゴチとイトハリゴチとは胸鰭軟条長を除けばいろいろの形質で，ソコハリゴチは雄型・成型にイトハリゴチは雌型・若型に相当し，種的・性的・成長段階変異の平行性がみとめられる。しかしソコハリゴチとナツハリゴチ及びナツハリゴチとイトハリゴチとの間には変異間の平行性は全くみられない。

SMITT は種・性及び成長段階間の変異の平行性を強調し，HUBBS (1940)[6] は *Ameiurus* 属で，南方産のものが長い棘と多くの臀鰭条それに低い体高を持つ点で若型・雌型であることを報告した。HART

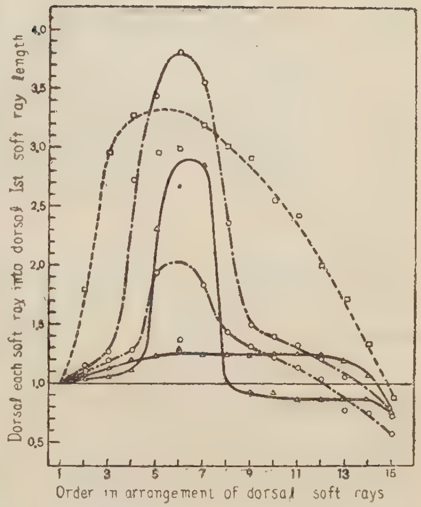


Fig. 6 Variation of the ratio of each dorsal soft ray into dorsal first soft ray length in male. —○—, *H. langsdorfii* (133, 138mm in standard length). —△—, *H. gilberti* (type A 137.5 mm, type B 162.5 mm). —□—, *H. filamentosus* (349mm).

Table 1. Conspectus of several differences in characters of *Hoplichthys* due to species sex, and growth stages,

Character	Comparison	Groups	Result
Trunk length	Species	♂, ♀	L=G>F
		Y	L=G
	Sexes	L, G, F	♂>♀
	Growth stages	[L, G] — [♂, ♀]	A>Y
Dorsal first spine length	Species	♂, ♀	G>L=F
		Y	G>L
	Sexes	L, G, F	♂>♀
	Growth stages	[L, G] — [♂, ♀]	A>Y
Dorsal first soft ray length	Species	♂, ♀	L=G>F
		Y	L=G
	Sexes	L, G, F	♂>♀
	Growth stages	[L, G] — [♂, ♀]	A>Y
Pectoral fin length	Species	♂, ♀	F>L>G
		Y	L>G
	Sexes	L, G, F	♂=♀
	Growth stages	[L, G] — [♂, ♀]	A>Y

Notes : L, *H. langsdorfii*. G, *H. gilberti*. F, *H. filamentosus*. A, adult. Y, young.

(1952)[7] もこの属の地理的変異を検討し，Hubbs の結果と一致した結論に到達した。徳田（1951[8]，1953)[9] もテン・イタチ等で同様な傾向があることを認めた。しかし Hubbs は *Ameivrus* 属でも体色に関しては逆の関係が成立し，南方系・雌型が成型になることを特にことわつており，徳田もイタチの毛皮を多数の標本について調べた結果，種の変異と気候的な傾斜との関係は Hubbs の主張で論じつくされないものがあることを指摘している。実際に色々の形質をとりあげて，多数の標本によつて検討すると，ソコハリゴチとナツハリゴチ又はナツハリゴチとイトハリゴチのように，変異の平行性がくずされる場合が多いのではないかと思われる。

体長又は頭長を基準として他の形質との関係を吟味すると（第 1～3 図），種的な相違は二つの形質間に成立する直線の傾斜よりもむしろ位置の相違に由来しているようである。Martin（1949）[10] は種内の地理的変異は傾斜でなくて位置であり，この位置は growth inflection を起す時の体長の相違によつて変更されることを強調した。これは Hubbs の主張するところの Developmental rate 即ち個体発生の遅滞又は促進が同種内個体の形態的変異*1の原因であるということに通ずるものがある。このような考え方は原則的には否定の余地はないが諸変異の平行性を強調するために，各形質の発現がすべて同一の Developmental rate で規定されたり，又は近似する種類間では或形質が同じ Developmental rate で決定されると考えるのは行きすぎであると思われる。むしろ形質の発現又は成長屈折を起す時期は同一種内でも形質により，生態的要因によつてかなりの早晩があり，且同一の形質でも種類によつて変動するものと考えられる。屢々みとめられる変異の平行性も，これらが一致した時に成立する現象と解した方が穏当なように思われる。

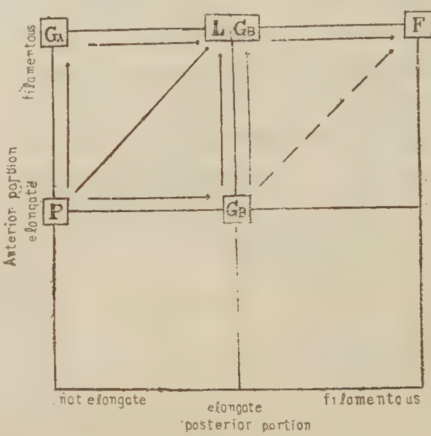


Fig. 7 Differentiation of male type in three species in relation to the length of each dorsal soft ray. p, prototype. L, *H. langsdorfii*. G_A, type A of *H. gilberti*. G_B, type B of *H. gilberti* F, *H. filamentosus*.

今迄論じてきた諸形質では，種的な分化が成熟以前に既に明瞭に分化していて，性的分化によつて種的な相違が明らかになつたものは認められなかつた。雄の背鰭諸軟条長の変動状態は，成熟後に顕著な種的分化をしめす意味で興味深い。雌及び若魚でみられた同様成熟した雄でも第 1～8 軟条と第 9 以後の諸軟条とは伸長の様相が違つているので，背鰭諸軟条を前部と後部に分けて，性的分化にみられる種的特長を考えることにする。成熟した雌及び若魚の背鰭軟条の伸長状態には種的な分化がみられないので，これらが雄型の原型と推察される。この原型から出発して各種の雄型に達するまでの分化の方向及び度合は第 7 図のように想定される。

原型に最も近いのはソコハリゴチのA及びB型である*2。最近入手した体長 193 mm（本邦沿海産ソコハリゴチでは最大の体長群に入る）の個体では，第 5～6 軟条が糸状に延長し（相対比 2.62，2.67），第 15 軟条を除くその他の諸軟条の相対比が 1.5 内外であつた。この個体がいずれの型に属するかを知ることはA型とB型の関係を究るための一つの手がかりとして重要な意味がある。B型のある個体（体長 170 mm）では第 4・5 軟条の相対比が 1.59，1.48 に達して延長し始める。一方A型ではどれほど第 5～8 軟条が延長しても，第 9～15 軟条の相対比が 1.0 以上になることはない。この型の性的分化の初期に於ける諸軟条

*1 この場合には，体形の外に体節的構造もふくまれる。

*2 両型については落合（1953）[11] を参照されたい。

の変動状態は，前部軟条が延長し始める個体が見出せなかつたので不明であるが，恐らく雌のそれに極めて近似するものと考えられる*。このようなことから，前部軟条が延長し後部軟条が極度に伸長する個体は，B型の完成形とみなされる。A型は前部軟条が急速に発達して完全な雄型になるに対し，B型は先ずすべての軟条が伸長し，次第にその伸長度をまし，終に前部軟条のあるものが延長して完全な雄型になる。したがつてA型とB型とは先天的に分化しているものであつて，熟度によつて変化する移行型ではない。この両型のうちA型が原型により近く，B型はA型より進んだ段階にあると思われる。ナツハリゴチはソコハリゴチのA型と完成前のB型との組合せによつてできた型と考えられる。即ち本種はソコハリゴチB型の完成した形と極めて相似するが，本種では第 9～15 軟条の相対比が後部に向うにしたがつて次第に小さくなる点で区別される。この種の性的分化の初期のものは第7図にしめしたように，第5～7軟条が延長し第 9～12 軟条が伸長することからみて，ソコハリゴチより進化している。イトハリゴチは殆んどすべての軟条が糸状に延長し，その性的分化は極点に達する。

4. 文　　献

1) Gilbert, C. H : Bull. U. S. Fish. Comm. For 1903, 23, (1905).
2) Barnard, K. H. : Ann. South African Mus., 21 (2), (1927).
3) Fowler, H. W. : Proc. U. S. Nat. Mus., 85, 3032, (1938).
4) Matsubara K. : In press, (1953).
5) 松原喜代松・落合明：魚雑., 1 (2), (1950).
6) Hubbs, C. L. : Amer. Nat., 74, (1940).
7) Hart, J. S. : Univ. Tor. Biol. ser., 60, (1952).
8) 徳田御稔："進化論"，岩波全書，東京，(1951).
9) ———："生物の変異性"，岩波書店，東京，(1953).
10) Martin, W. R. : Univ. Tor. Stud. Ser., 58, (1949).
11) 落合明：科学，23 (5), (1953).

* ここでは相対比の変動状態が近似することを指摘したのであつて，絶対的な長さは問題にしていない。変動状態の分化と絶対的長さの分化が同時に行われるのか，或は一方が先行するのかいまのところ判らない。

南海区における底魚類の生態學的研究–I.
ホウボウ科魚類の食性と産卵について

古川一郎・池田光男
（南海区水産研究所沿岸資源部）

Ecological Studies on the Bottom Fish in the Hyuga Nada—I. Red Gurnard.

Ichiro FURUKAWA and Mitsuo IKEDA

The Hyuga Nada (Hyuga High Sea) when taken in wide sense extends off the eastern and east-southern coasts of Kyushu Island, viz., from up north the Bungo Strait down to south the Osumi Penninsula, and abounds, amoungst others, in red gurnards, of which economically important are the following five species; *Chelidonichthys kumu*, *Pachytrigla alata*, *Lepidotrigla japonicus*, *L, güntheri* and *L, microptera*. Examination of their stomach contents reveal that they devour by far *Crustaceans* and those small fishes as hidden in sand-mud or crawling on sea bottom (*Table* 2). Voracious as they are, their stomach was often found stuffed with food, which weighed 3～4 % of the body at maximum. *Table* 3 and *Fig.* 1, A—F give the results of the statistical observation of their egg. Ova measuring over 1.0 mm in diameter are characterized by having one or three oil globules and almost complete transparency and were taken as mature eggs. The degree of maturity was defined by ratio of mature ova to the whole ovary in weight and is given in *Table* 6. Single mature ovum weighs about 0.0011 gr in *Chelidonichthys kumu* and about 0.00095 gr in *Pachytigla alata*. Number of ova to be liberated at first spawning is estimated 10,000～25,000 in *C, kumu*, and 2,000～3,500 in *P, alata*.

緒　言

南海区における底魚類の組成は複雑で，船又は月による漁獲物の魚種組成の変動が激しい。これは魚種に対する選択性の強いことにも原因があると思われる。著者等は底魚類の群集生態的な研究の一部として食餌連鎖を究明し併せて Recruitment として參加する卵，特に生殖腺より排出される卵量について研究を行つているがホウボウ科魚類について一二の知見を得たので此処に報告する。本研究に当つて南海区水産研究所沿岸資源部長横田技官並びに宮崎大学寺尾博士の懇切なる指導と叱正を得られたことを厚く感謝する次第である。

I　南海区におけるホウボウ科魚類の分布

南海区において漁獲されるホウボウ科魚類は底曳船漁獲物中主要な位置を占めているが，産業上重要なものは次の５種である。

1953 年 5 月 21 日受理（印刷費負担）

Chelidonichthys kumu (Lesson and Garnot)	ホウボウ
Pachytrigla alata (Houttutyn)	イゴダカホデリ
Lepidotrigla japonicus (Bleeker)	トゲカナガシラ
Lepidotrigla güntheri (Hilgendorf)	カナド
Lepidotrigla microptera (Günther)	カナガシラ

南海区水産研究所沿岸資源部調査概要[1) によると 1951 年9月より 1952 年5月迄豊後水道日向灘大隅海峡を含む漁場で漁獲されたホウボウは大約4万〆，93 万6千尾であるが，漁獲の 50%が 9～11 月の3ケ月で占められ，10 月が最盛期である。魚体長は 13～32 cm の広い範囲にあるが，9 月～11 月には体長の Mode は 18 cm にあり，12 月～2 月，21～22 cm，3 月～5 月，23～24 cm に夫々 Mode が見られる。5 月には 13～15 cm，24 cm に夫々 Mode が表れる外 3～4 cm の小型群が漁獲される。

この小型群はその年の冬～春期に発生したものと思われる。ホウボウの分布は調査海区においては南部漁場に濃密の様であり，総漁獲の 40%が宮崎県折生迫以南海区で獲られ，24%が夫々日向灘豊後水道，12%が瀬戸内海近傍で漁獲されている。カナガシラ類においては，カナガシラ 809 万尾，トゲカナガシラ 388 万尾，イゴダカホデリ 176 万尾，カナド 66 万尾の漁獲が見られたがホウボウ同様南方漁場程漁獲が多い。漁場を瀬戸内海近傍，豊後水道・日向灘，南日向灘の4海区に分け，夫々の漁場におけるカナガシラ類の漁獲組成を検討して見た。吉原は或る水域における魚類の漁獲尾数は等比級数法則に従つている事を例を挙げて述べている。カナガシラ類においてそれ等の漁獲尾数と漁獲順位に $y=ax_i^{-m}$ の関係があることが認められる。こゝで y は漁獲尾数，$x(i=1, 2, 3 \cdots k)$ は魚種に与えた漁獲高の順位（カナガシラ 1，トゲカナガシラ 2，イゴダカホデリ 3，カナド 4）である。a，m を求めると次の様になる。

Table 1

	Log a	m
The neighbouring of Seto Naikai	3.1928	3.652
The Bungo Strait	3.2344	3.221
The Hyuga Nada	3.2945	2.944
The southern of Hyuga Nada	3.0764	2.393

Table 1 によるとカナガシラ類の分布状態が漁場によつて可成りの相異が見られる。何れの海区においてもカナガシラが最も多いが南部漁場程下位の魚種の漁獲の増大が見られる。次に 1158 統の底曳網の漁獲したカナガシラ類の組成を検討した。或る船において層化された雑魚より 500 匁 Sampling しその中のカナガシラの組成を調べた。この方法によつて得られた組成を出現頻度の百分比で表すと Table 2 が得られた。4 種のカナガシラ類が漁獲される場合その混獲組合せは 16 通り考えられる。同表で見られる様に4種のカナガシラ類が同時に漁獲されることは稀有の事象であるが又全く漁獲されないと言う事は全体の 9%に過ぎず，殆んど常に何れかのカナガシラが漁獲されていることになる。2 種或は3種混獲のあらゆる場合を見ても出現比が異るのは漁場におけるカナガシラ類の分布の状態の相違によるものと思われる。底曳漁船は 40～50 m から 150～160 m の水深の漁場を操業しているのであるが，この海区ではカナドの棲息水深が最も深く，イゴダカホデリの棲息水深は最も浅い。又カナガシラの分布水深は4種中最も広く，トゲカナガシラはカナドとイゴダカホデリの中間に位する。

II 食　　性

Triglidae の食性については *Lepidotrigla microptera* について松井高井の報告があるが，本種の主要餌料は *Crustacea* であると述べている。著者等は *Triglidae* の食性を定性的調査に重点をおいて調べた。Sample は日向灘及びその近傍漁場より漁獲された前記の5種である。Sample については胃内重量を測定

Table 2 Mixture percentage of various Red Gurnard caught at the same time by Trawlers
* L, G : *Lepidotrigla güntheri.* L, J : *L, japonicus.*
L, M : *L, microptera.* P, A : *Pachytrigla alata.*

	Month	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Total Frequ-ency	Total Perce-nt
Mixture percentage of Red Gurnard in a regular countainer	L,G*, L,J*, L,M*, P,A*,	0%	1%	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	6	0.5%
	L, G, L, M, P, A,	0	1	1	1	0	0	1	5	1	10	0.9
	L, G, L, J, P, A,	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0.2
	L, G, L, J, L, M,	2	3	1	1	1	3	7	7	0	28	2.4
	L, J, L, M, P, A,	12	9	3	4	4	9	11	0	5	79	6.8
	L, G P, A	7	9	12	15	17	5	4	11	5	115	9.9
	L, J PA	16	4	8	6	4	2	5	3	6	72	6.2
	L, M PA	0	0	1	0	0	0	0	2	0	3	0.3
	L, G L, M	1	8	7	6	5	11	16	13	26	101	8.7
	L, G L, J	0	2	2	0	0	0	1	1	0	9	0.8
	L, J L, M	14	18	7	4	11	22	21	9	15	148	12.8
	L, G only	0	0	2	1	1	1	1	5	1	13	1.1
	L, J only	18	5	8	6	8	4	4	3	15	92	7.9
	L, M only	9	23	30	32	38	38	20	30	14	311	26.9
	P, A only	8	2	10	13	4	0	5	1	1	66	5.7
	no catch	13	14	7	10	6	3	4	10	11	103	8.9
	Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1158	100%

した後査定を行つた。

（1） 食餌組成：魚種別に胃内容物の組成を調べて Table 3 を得た。食餌は *Crustacea* と小型の Fish に占められ，*Polychaeta*, *Cephalopoda* 等はむしろ稀である。松井の報告と比較して注目されるのは小型の魚類が餌料対象として相当重要なことが認められる。主要餌料は *Crustacea* であるが，その中 Macrura が圧倒的に多く，当海区の底曳漁獲物中最も普通に見られる，*Metapenaeopisis* が多い。その他 Young stage の *Macrura*, *Euphausiacea*, *Mysidacea* も数量的に多く見られるが，重量としては大きくない。一般に 1～2 尾の大型の *Macrura* を鵜呑みにしている個体が多い。ホウボウはカナガシラ類に比較すると雑食性が強く，*Brachyura*, *Squilla* の young を混食している。餌料としての魚類は何れも産業的に重要なものではない。カナガシラ類では *Bregmaceros*, *Champsodon* に限られているが，ホウボウについては数種の小型魚が見られたが殊に Sole に対する嗜好性が大きい様に思われる。何れにしても砂泥中に潜伏している魚種或は海底を匍匐している様な運動力の小さい魚種が対象の様である。

（2） 食餌量：漁獲される際に胃内容物を吐出してしまう個体が可成りあるので，この様な個体は除外した。この他胃内の全く空虚な個体が多い。この様な個体は胃が全く収縮して居るのが認められたが全般的に冬にその様な個体が多かつた。食餌量は個体により変動が大きいがこれは多様な消化過程にあるためであるが，摂餌の最大量を体重との比で求めると，体長の大小に拘らず体重に対して 3～4 %である。この程度に摂餌している個体の胃は充分に張り切つて居り飽食の状態を示している。

Ⅱ 産 卵 量

Recruitment の資源として基本的なものは卵量であるが海産魚の産卵量を推定することには大きな困難がある。著者等は生殖腺の成熟過程を追跡し産卵量をこの面から推定することを試みている。生殖腺の成熟

は個体間に大きな相違が見られる。従来生殖腺の肉眼的観察によつて成熟度を規定したり，生殖腺と体重との比で成熟度を観察している例が見られるが前者は客観性に乏しく，後者は成熟度を示す十分な指標とは考えられない。又抱卵量について多くの例を見るが Ovum について質的な検討が為されなければ抱卵量はそのまゝ産卵量にはなり得ないことは明らかである。川本，本永はシマドヂヨウについて人工排卵実験を行い，即ち発育過程に受精に伴つて起る卵内発生の状態を詳細に観察している。卵巣内にあつて外見的に透明な卵は第一回成熟分裂を終つて極体を放出し，次いで第二成熟分裂が中期迄進んで一旦停止している状態のものである。この様な卵を水中に放出すると受精の有無に拘らず停止していた第二成熟分裂が進行して分裂を完成し，第二極体を放出すると述べている。本研究においては卵径（1.0 mm 以上）の大きい透明卵を成熟卵と見做して未熟卵と区別し論議を進めている。

（1） 資料： 研究に用いた材料は昭和 27 年 9 月より 28 年 4 月迄の期間宮崎県土々呂港に水揚された二艘曳[illegible]の漁獲物より採集したものである。

（2） 卵径組成： 論議の便宜上主としてホウボウ卵について論及し他のカナガシラについては参考に引用する。ホウボウについて得られた卵径組成を体長級別に求め Table 4 を得た。卵巣を 3 個の略等しい Block に分け，各 Block の 3 ケ所より夫々 0.1 gr の Sample をとることとし，各 Block を代表する Sample 3 個を 1 組として，これによつて卵巣内卵径組成を推定することとする。この方法によると 27 個の組合せが可能であるから，夫々の組について或る卵径の卵の $\bar{x}_i$ 及び σ_i を求め，更に 27 個の $\bar{x}_i$ について $\bar{x}$ 及び σ を求めた。こゝで σ についは個々の σ_i の伝播を考慮に入れ次式により求めた。

$$N\sigma^2=\sum_{j=1}^{27}\{n\sigma_i^2+n(\bar{x}_i-\bar{x})^2\} \qquad N=\sum_{j=1}^{27}n \qquad \text{但し } n=3 \ \ j \text{ は組分せ}$$

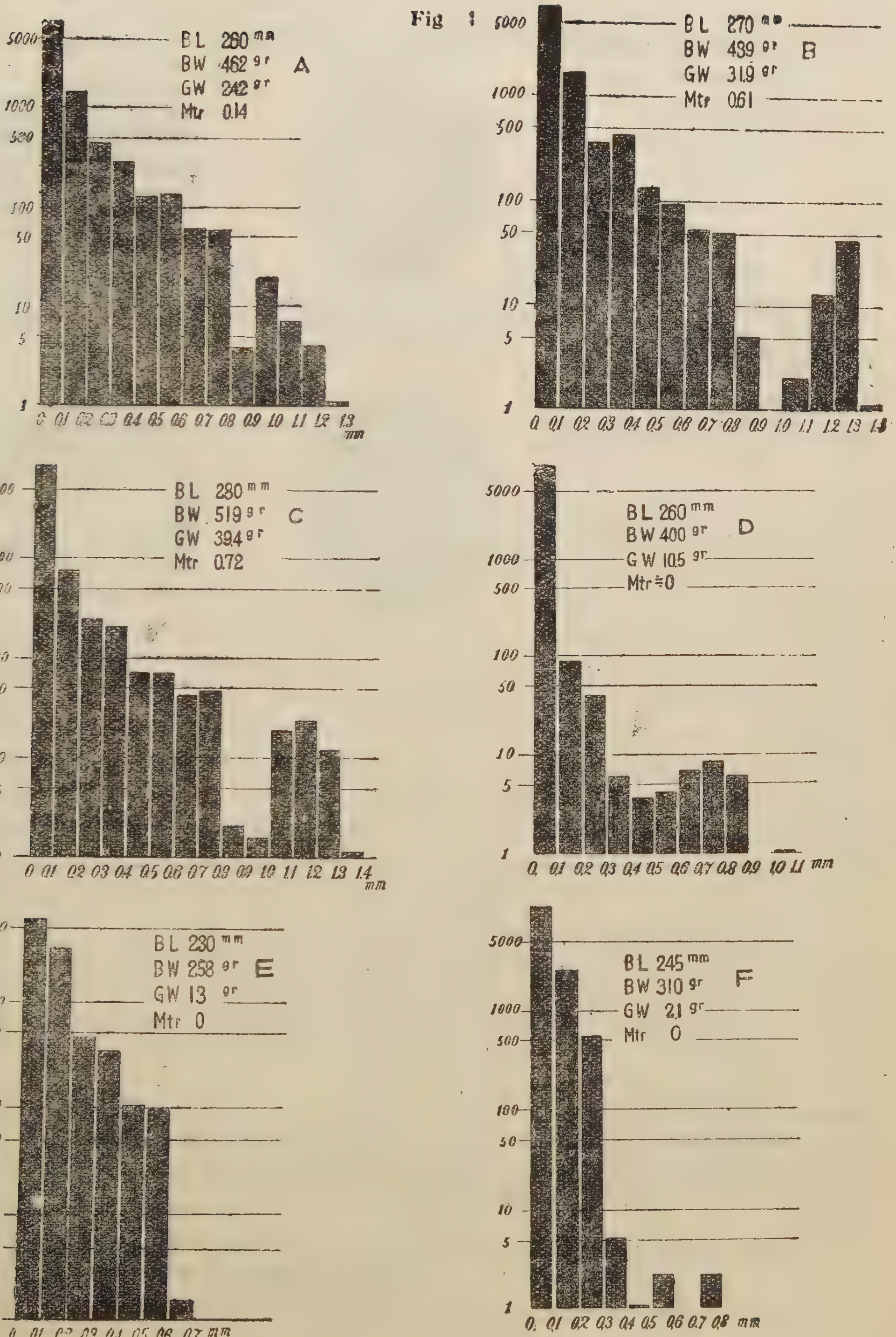
の数で 27 個である。或る卵径の卵の総数の推定は $X=f\bar{x}$ であり分散は $\frac{1-f}{f^2}N\sigma^2=\sigma^2{}_X$ 但し f は卵巣重量に対する Sample 重量の比で抽出比である。Table 4 及び Fig. 1 について見ると卵巣卵は 1.0mm の卵径を境にして前後に異つた分布型に属する卵群より構成されていることが認められる。卵径 1.0mm 以上の卵群は例外なく透明卵で成熟卵と見做して良い。十分に成熟している個体の成熟卵の卵径組成を見るとホウボウでは 1.3 mm に Mode が認められ，しかも尖度の大きい正規分布をしている。0.9 mm の卵群は半透明で油球の集合が不充分で多数の小径油球が見られる。これは十分成熟しているとは云えないので成熟卵と見做してない。0.8 mm 以下の卵は例外なく不透明な未熟卵である。Fig. 1 は卵径組成の代表的な型を掲げてある。図中 Mtr とあるのは成熟卵重量と卵巣重量の比を以て成熟度 Maturity と仮定したものである。同図は比較対照のため卵径別卵数を 1000 分比の対数で表示してある。Mtr，0 のものは何れも放卵後の卵巣である。Mtr，0 で放卵したことのない卵巣については卵径組成を調べていないが Fig. 2 に示す如く切片標本によつて若干組織的検討を行つた。Table 4，Fig. 1, Fig. 2 から卵巣の成熟過程を窺う事が出来る。即ち Fig. 2A, A′ は体長 13 cm の若魚の未熟卵巣の切片標本であるが，卵巣組織は緊密で，卵粒の大さも 0.1 mm 以下である。又成熟した卵が排卵のために集積される卵巣中軸部の空隙部は狭小である。卵巣色調は半透明淡桃色を呈し，卵粒の肉眼による識別は困難である。Fig. 1 A は成熟の稍進んだ卵巣であるが卵巣表層の卵群中に成熟卵が見られるが，卵巣中軸部えの成熟卵の集積は行われていない。この様な卵巣は橙黄色～桃黄色を呈し，卵粒の識別が出来る。組織は柔軟であるが，卵粒は容易に分離出来る状態にない。成熟卵が卵巣表皮下に小卵群に囲繞されているのが透視が来る。Fig. 1 B，C は成熟の一層進んだもので卵巣は著しく肥大し柔軟である。卵巣表皮下に多くの成熟卵が透視出来る外に卵巣中軸部には数千粒以上の成熟卵が集積されている。卵巣表層部の切片標本を Fig. 2B に示す。この様な状態になつた卵巣は放卵直前のものと思われる。BC 図で見られる様に 0.8～0.9 mm の未成熟卵は多くの標本において非常に少いことが分る。これは或る卵径に迄成長した未成熟卵が成熟卵に成長する時間が比較的短いことによるものであろう。川本が行つた実験によればホルモン注射により未熟卵から透明な成熟卵えの成長を助長し排

Table 4. Egg composition in the gonad.

Fish Name *Chelidonichthys kumu* Sampling Date 20th Janu. 1953 Location Hyuga Nada

Body Length	22 cm		23 cm		24 cm		25 cm		26 cm		27 cm		28 cm	
Body Weight	255 gr		274 gr		307 gr		282 gr		462 gr		439 gr		519 gr	
Ovary Weight	24.9 gr		24.2 gr		18.5 gr		21.5 gr		24.2 gr		31.9 gr		39.4 gr	
Ovary Weight of (A) one side	13.4 gr		10.3 gr		9.7 gr		11.0 gr		11.9 gr		14.9 gr		19.2 gr	
Egg Dia' Class	X	σx	X	σx	X	σx	X	σx	X	σx	X	σx	X	σx
0.2 >	584600	221100	346100	138900	951300	489000	1110100	466200	1114000	324700	1393700	688600	2298600	621100
0.4 >	80900	30400	41500	20400	102500	59500	99200	41000	107900	31200	119600	50300	110400	25300
0.6 >	28900	10400	14600	10000	21000	10600	30900	15000	32700	9700	32500	18300	32300	5500
0.8 >	18000	5500	11300	5900	12600	8500	18500	8700	15200	4600	14900	5100	21300	7600
1.0 >	2400	1300	1700	900	1200	1300	1000	350	2900	1000	700	700	900	900
1.0 <	**6100**	**2000**	**8200**	**2700**	**5700**	**4300**	**6600**	**2200**	**1500**	1500	**8300**	**4300**	**12600**	**3000**
Weight of Mature Eggs (B)	6.76 gr		9.02 gr		6.27 gr		7.26 gr		1.65 gr		9.13 gr		13.86 gs	
Maturity $\left(\frac{B}{A}\right)$	0.50		0.90		0.65		0.66		0.14		0.61		0.72	
$\frac{\text{Ovary Weight}}{\text{Body Weight}}$	0.097		0.089		0.060		0.076		0.052		0.072		0.076	

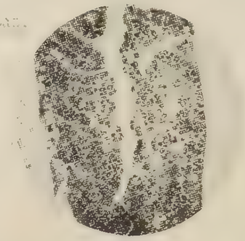
Fig 1


BL 260 mm
BW 462 gr
GW 24.2 gr
Mtr 0.14
A
BL 270 mm
BW 439 gr
GW 31.9 gr
Mtr 0.61
B
BL 280 mm
BW 519 gr
GW 39.4 gr
Mtr 0.72
C
BL 260 mm
BW 400 gr
GW 10.5 gr
Mtr ≒ 0
D
BL 230 mm
BW 258 gr
GW 13 gr
Mtr 0
E
BL 245 mm
BW 310 gr
GW 2.1 gr
Mtr 0
F
mm

卵を促進せしめている。この過程が僅か数時間であるが天然においても排卵に好適な海況になれば卵の成熟が飛躍的に促進するのではないかと推察される。Fig. 1 D は放卵直後と思われる卵巣で，外見的には BC と何等異る所がない。しかし卵巣中軸部は大きな空洞を残していて，明らかに多量の成熟卵の排出が行われたものであるが，尚卵巣表皮下の小径卵群中にも少量の成熟卵が見られる。一度放卵したと見られる卵巣でその中軸部に数十百粒の成熟卵の認められる標本が数多く表れるがこの様な成熟卵は大量の放卵の際残留したものか，或は放卵後更に成長した熟卵が中軸部の空隙に集積されたものか不明である。Fig. 1 EF は放卵後相当経過したものと思われ，成熟卵を全く有せず組成も小径卵群によつてのみ構成されている。特に F は卵巣の色調も淡黄褐色となり著しく萎縮し卵巣表皮も弛緩している。Fig. 2C は F の切片標本であるが Fig. 2 A′ と比較すると組織の相異が著しいことが分る。

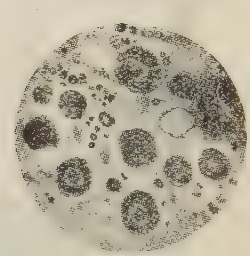
Fig 2

A



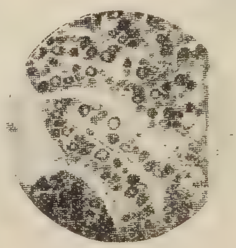
×20 Body length 13.0 cm
Inmature ovary Chelidonichys Kumu.

B



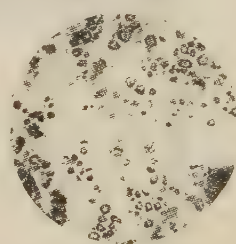
×50 Body length 26,0 cm
Mature ovary C, Kumu.

A′



×50 Body length 13.0 cm
A partof Inmature ovary C, Kumu.

C



×50 Body length 24.0 cm
Spawned ovary C, Kumu.

（3） 産卵数：前項では卵巣の成熟過程について検討を行つたのであるが，著者等は卵巣中に見られる成熟卵を時空的に把握することによつて産卵数量の推定が出来るものと考えている。本研究においては産卵数を推定するための充分な標本設計が立てられなかつたので今後追究することとする。本項では一応得られた資料について検討し一回に放出される成熟卵の推定を行つたので資源学的意味での産卵量ではない。ホウボウについては片側の卵巣について，カナガシラ類については卵巣全部について成熟卵を算定した。ホウボウ

Table 5 (1). Maturity ratio in relation to relative ovary weight
Fish Name *Chelidonichys kumu* Sampling Term Dec 1952～Apr 1953

GW/BW \ *Mtr	0	0.05>	0.15>	0.25>	0.35>	0.45>	0.55>	0.65>	0.75>	0.85>	0.95>
0.019<	** *** 3(0)		1(832)								
0.020～0.029	3(18)	2(27)	1(1500)		2(2222)	1(3567)					
0.030～0.039	1(0)	5(515)				3(4639)	1(5262)	2(7000)	1(12600)		
0.040～0.049	2(0)	1(40)	1(1948)	3(3394)	1(5195)	1(6857)	1(11023)	1(6100)			1(8200)
0.050～0.059			1(1992)	1(4272)	3(6484)	5(6725)	1(6600)				
0.060<					2(7098)						

* Mtr Maturity ratio. ** Individuals.
*** Average value of mature eggs (by counting as one side gonad)

Table 5 (2). Maturity ratio in relation to relative ovary weight.
Fish Name *Pachytrigla alata* Sampling Term Dec 1952～Apr 1953

GW/BW \ *Mtr	0	0.05>	0.15>	0.25>	0.35>	0.45>	0.55>	0.65>	0.75>
0.01>	** *** 4(0)	1(12)							
0.010～0.019	4(0)	1(28)							
0.020～0.029	5(0)	5(20)	1(221)		1(338)				
0.030～0.039	6(0)	6(70)		4(515)	2(876)		1(2333)		
0.040～0.049	9(0)	3(20)	1(491)	6(696)	3(1056)				
0.050～0.059	7(0)	3(8)	1(135)	6(861)	3(1653)	2(1573)	1(3635)		
0.060～0.069	2(0)		1(482)	2(1178)	2(1647)				
0.070～0.079	1(0)	1(326)		2(1222)		1(1440)			
0.080～0.089	1(0)	1(3)		4(991)					
0.090～0.099			1(931)					1(3270)	
0.10～0.11		1(74)	1(761)		1(1932)				
0.12～0.13					1(2388)				
0.24～0.25									1(33600)

* Mtr Maturity ratio ** Individuals
*** Average value of mature eggs (by counting)

48尾，イゴダカホデリ 111 尾について得られた結果を Table 5 に示す。同表は体重に対する卵巣重量の比即ち GW/BW を6階級，成熟度 Mtr を 11 階級に分けて，夫々の階級に属する個体について得られた成熟卵の平均卵数を表示してある。Mtr の Mode はホウボウで 0.35～0.45 にあるが，0.35～0.45 の成熟度を持つた 18 個体中 15 個体は少くとも一回の放卵を行つているもので，最初の放卵は成熟度が 0.70 内外に達すると行われるのではないかと推定される。この様に成熟度の高い個体は採集には少いが，この様な個体は腹腔が成熟卵で著しく膨大となり，僅かな圧迫によつても成熟卵が排出される。最大量の成熟卵を得た個体は BL 28 cm，BW 519 gr，GW 39.4 gr，Mtr 0.72 で成熟卵約 25,000 粒と推定された。又 Mtr 0.35～0.45 で卵巣中軸部に成熟卵の集積が十分行われていない即ち放卵前の卵巣では成熟卵は 7,000～15,000 粒であつた。体長によつて一回の産卵量には相当の変動が見られるが Mtr 0.60 以上の卵巣では成熟卵は 12,000 粒乃至 25,000 粒で最初の放卵量は大体この程度であろう。又明かに多量の排卵が行われたと見られる卵巣で Mtr 0.35～0.45 のもので成熟卵 5,000 粒乃至 14,000 粒を得た。卵数から見ても更に次の産卵が行われることが推定される。イゴダカホデリにおいては成熟度の Mode は 0.3 内外にあるが，得られた資料では放卵後のもののみであつた。成熟度の高いもので 0.55～0.65 で 2,000 粒～3,500 粒が一回の産卵数であろうと推定される。体重に対する卵巣重量比が大になれば成熟卵数は漸増する。

参 考 文 献

1) K. Kuronuma: A study on the Triglidae of Japan, Bull. Biogeogr. Soc. of Japan 9, 14 (1939).

2) 川村智治郎，本永妙子：シマドヂョウにおける人工排卵について 魚類学雑誌 1, 1 (1950).

3) 狩野康比古：ウグイ Tribolodon hakuensis hakuensis (Gunther) の卵内発生史概説 魚類学雑誌 1, 1 (1950).

4) 松井魁，高井徹：東海黄海産重要魚類の生態的研究（第3報）カナガシラの生態学的研究 日本水産学会誌 16, 12 (1951).

5) 以東底曳網漁業資源調査概要（昭和二十六年度）南海区水産研究所沿岸資源部 Aug. (1952).

イワシ類の卵巣卵に關する研究

浅 見 忠 彦
(南海区水産研究所延岡支所)

Studies on the Ovarian Egg of Clupeoid Fishes

Tadahiko ASAMI

Regular monthly observations as well as those conducted at irregular intervals from 1949 to 1952 inclusive show that the spawning period of sardine and round herring covers November to next April but that of Anchovy extends all year round along the coast of Miyazaki Prefecture. Frequency distribution of ovarian egg diameter of sardine and round herring was found unimodal in samples obtained from June to October. But ovary weight of these fishes increase rapidly in November or December when frequency distribution of ovarian egg diameter assumes bimodal or trimodal when examined as before. Anchovy stand also quite different from the other two in ovarian weight and egg diameter, i. e., no precise period of rapid increase of ovary was not found and egg diameter distribution always differs in individuals even taken at the same time and locality.

緒　　言

日向灘及び豊後水道に於てはイワシ類は主として曳網類（船曳，地曳，バッチ網），敷網類（四つ張，縫切八田網等）揚繰巾着網によつて漁獲され，二種又は三種以上が混獲される場合が多い。このうち産卵に參加すると思われる大型魚* は殆んど揚繰巾着網で漁獲されている。又産卵調査によれば，イワシ類の卵の採集時期は，マイワシ，ウルメで 11 月～4 月，カタクチは殆んど周年となつてをり，シラスの漁獲される時期も略々同様である。

従つて親魚の産卵時期も上記と大差ないものと考えられるが，筆者は親魚の産卵に関する基礎知識を得るため，主として昭和 26 年に集めた資料によつて，卵巣卵の発達状況を追求した。この研究に当つて種々指導を賜つた南海水研横田技官，古川技官，宮大教授寺尾博士に厚く感謝する。資料の蒐集は南水研延岡支所員の方，プレパラート作製は三田技官，資料の整理は花岡松子氏をわずらわした。

取り扱つた資料

資料は主として宮崎県土々呂港に水揚された巾着網による漁獲物から採集したもので，採集方法はイワシ対策資源調査で実施している陸上調査（体長測定）を行つたものから副次的に抽出した。(Table 1)

生殖腺の固定は，ブアン氏液を用い，生殖腺重量，卵径等の測定は固定後のものについて行つた。

調査結果

卵巣重量 (ovary weight) の変化

マイワシ，ウルメ共に 5 月，6 月から時期を追つて卵巣重量が増加している。(Table 2, Fig. 1 參照) こ

1952 年 5 月 21 日受理（印刷費負担）

* 大型魚といつてもマイワシは該海域では殆んど当才又は一才魚である。

Table 1. Sampling time and number of specimens

sardine			round herring			anchovy		
month	times of sampling	total of specimens	month	times of sampling	total of specimens	month	timse of sampling	total of specimens
1950, Jan.	1	20	1950, Nov.	1	20	1951, May	1	20
1951, Jan.	2	40	Dec.	6	120	Jun.	6	120
Apr.	1	20	1951, Jan.	1	20	Jul.	4	80
May	1	20	Sep.	1	20	Aug.	2	40
Jun.	2	40	Oct.	1	20	Sep.	3	60
Jul.	9	180	Nov.	3	60	1952, Jan.	1	20
Aug.	6	120	1952, Aug.	1	20			
Sep.	1	20						
Nov.	2	40						
Dec.	2	40						
1953, Jan.	1	20						

ゝでは（卵巣重量 gr)/(体長 cm)$^3\times10^4$ をとつて比較を行つたが，マイワシでは，6～7 月から漸次増加して 12 月頃から急激に増加し，ウルメではマイワシより早く 10 月頃から急増の傾向が見られる。詳細に見れば同一時期で体長群の大小，個体間に於ても GW/BL^3 に相当の差違が見られ，特に GW/BL^3 が急増する時期に顕著である。

カタクチはマイワシ，ウルメと異り，同一時期に種々の発達過程の個体が混在し，従つて GW/BL^3 もばらつきが大きい。然し全期を通じるとそのばらつきはマイワシ，ウルメに較べて小さい。

Table 2 (a). Relation between body length and ovary weight

sardine				round herring			
date	BL ($m\pm\sigma$)	GW (mean)	GW/BL^3	date	BL ($m\pm\sigma$)	GW(mean)	GW/BL^3
	cm	gr	△		cm	gr	△
1951 6.2	13.75	0.145	0.558	1950 11.21	17.05±0.825	0.64	1.290
7.14	14.20±0.430	0.062	0.261	12.6	18.28±0.510	2.06	3.380
8.4	16.00	0.150	0.365	12.7	18.02±1.00	1.57	2.680
8.9	15.12±0.545	0.180	0.520	12.11	20.20±0.913	3.75	4.550
9.7	13.20±0.799	0.044	0.200	12.14	20.00±2.09	2.61	3.250
11.1	16.00±	0.340	0.830	12.21	19.45±0.948	1.46	1.980
11.10	16.23±0.535	0.460	1.075	〃	15.43±0.844	0.75	2.040
11.24	16.15±0.673	0.780	1.850	1951 1.26	12.93±0.711	0.05	0.232
12.21	15.48±0.535	0.484	1.305	9.27	13.50±1.250	0.08	0.325
〃	12.33±0.694	0.164	0.880	10.24	16.80±0.875	0.554	1.170
1.3	11.90±0.405	0.150	0.893	11.1	16.68±0.426	0.25	0.538
1953 1.10	11.43	0.304	2.040	11.9	16.75±0.298	0.55	1.235
1951 1.26	11.90±1.097	0.162	0.960	11.12	18.03±0.499	1.46	2.500
4.1	14.13±0.804	2.500	8.860				
1953 1.18	18.00±	5.85	10.000				

△ : gr/cm$^3\times10^4$

Table 2 (b). Relation between body length and ovary weight (Anchovy)

date	body length ($m\pm\sigma$)	gonad weight (♀) (GW/BL³)				
		1	2	3	4	5
	cm					
1953 1.10	10.28±0.370	0.75 (6.92)	0.48 (4.42)	0.43 (3.96)	0.33 (3.04)	
1951 5.31	11.00±	0.54 (4.06)	0.97 (7.28)	0.57 (4.28)	0.60 (4.50)	0.41 (3.08)
6.2	10.80±0.398	0.64 (5.08)	0.37 (2.94)	0.63 (5.00)	0.39 (3.10)	0.54 (4.29)
7.14	11.00±0.354	0.44 (3.30)	0.46 (3.46)	0.52 (3.90)	0.40) 3.00)	0.55 (4.13)
8.7	11.45±0.357	0.18 (1.10)	0.26 (1.73)	0.41 (2.73)	0.27 (1.80)	
8.31	11.25±0.250	0.27 (1.90)	0.19 (1.33)	0.23 (1.62)	0.12 (0.84)	0.14 (0.98)
9.8	11.62±0.352	0.39 (2.48)	0.38 (2.42)	0.15 (0.95)	0.12 (0.76)	0.12 (0.76)
9.27	12.33±0.326	0.48 (2.56)	0.24 (1.28)	0.47 (2.50)	0.40 (2.13)	0.52 (2.78)

($GW/BL^3 \times 10^4$ はマイワシで 0.261～10.00，ウルメ 0.232～455，カタクチ 0.76～6.92)

卵径組成の変化

卵径を一腹について 100 粒宛測定し（後述する様に卵径組成が 2～3 群の場合は大きい群について更に 50 粒宛測定した）その組成の変化を見た。この場合測定した卵は，卵巣発達過程の極めて初期のものをも含めており，卵原細胞 (Oogonium) のまだ成長期に入つていないものをも含めている。

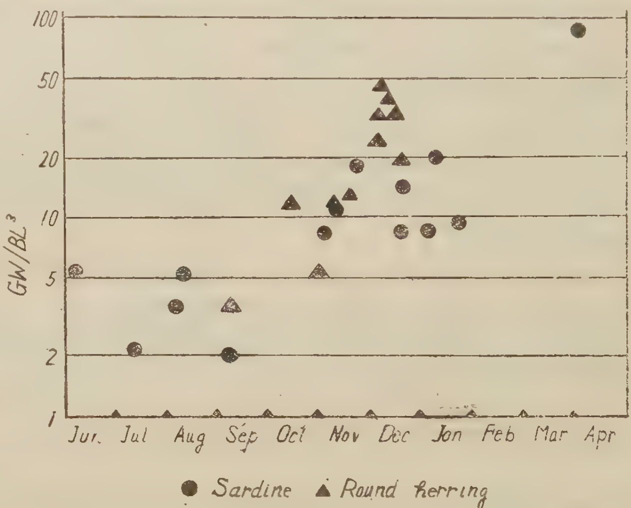


Fig. 1 Seasonal variation of egg-diameter

マイワシ，ウルメについては明瞭に季節的な推移が認められ，カタクチでは，同一時期でも個体間で相違が著しい。即ちマイワシでは 6 月から 12 月にかけて unimode の組成を有し，夏季は平均卵径 40～60 μ，(標準偏差 15～20) であるが，時期を追つて増大し，平均卵径 90～120 μ (標準偏差 25～30) となる。(Table 3 (a) 参照) 12 月に至るとこの unimode から大きい方に分離した径を有する卵が混入して分布が正の方向に歪む様になる。時期が更に進んで 4 月に得た材料では平均卵径90 μ の群と 500 μ の群がはつきり分れており，その間に別の群が広い分布を示している。**

ウルメイワシに於ても時期を追つて卵径が増大する状態はマイワシと同様の傾向を示し，1 月の小羽，及び 9 月～11 月 に得られた材料では unimode であるが，その後分離を始め，この時期はマイワシより早くて 11 月には既に bimode から trimode のものを得ている (Table 3 (b)) 而して 11 月以降に得た卵径組成の最小群の平均卵径及分散は、10 月以前の unimode の平均卵径，分散と略等しく，中間の群と最大群との散はりは前者の方が大きい。

カタクチは同じ時期に種々の発達過程のものが得られ，unimode のものでは細胞がすべて球形であるが，

** 更に発達した卵巣は宮崎県沿岸では得られなかつたので運搬船によつて得た他の海域の資料によると Table A の如くであり，4 月に得た材料と平均卵径では異るが，mode の出現の仕方は殆んど同様である。

bimode, trimode のものでは，最小群は球形，それ以上の群は楕円形となつている。***

GW/BL³ と卵径組成の最大群の平均との関係

前述の運搬船から得た相当に発達した卵巣について GW/BL³ と，卵径組成で最大群の平均との関係を見ると Fig. 2 の様に比較的一次の関係が認められた。これと同様の方法を用いて極めて未熟のものをも含めて両者の関係を見ると Fig. 3 (a), Fig. 3 (b) となり，マイワシ，ウルメ，カタクチ共未熟で unimode のものと，やゝ発達した bimode, trimode のものを同時に含める相関々係を見出すことは困難である。

卵巣卵の組織的変化

卵巣をブァン固定したものをデラフィールド・ヘマトキシリン及びエオシンの二重染色により観察すると

1) 卵径組成が unimode で且平均卵径が 50 μ 程度のものでは，マイワシ，ウルメ，カタクチ共にまだ成長期に入らない卵原細胞が並んでいる。

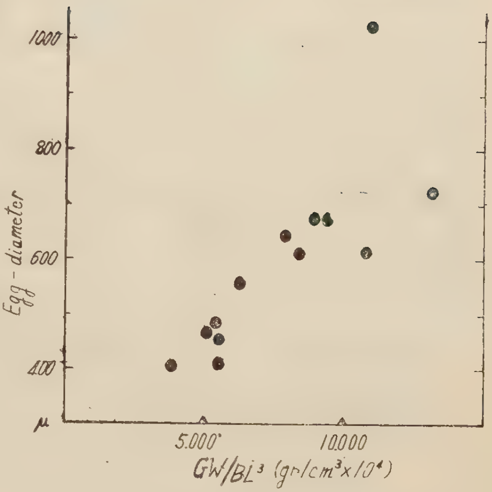


Fig. 2 Relation between egg-diameter and GW/BL³ (1953, 18th, Jan., Sardine)

2) 次に卵径組成は unimode ではあるが平均卵径 100 μ に達したものでは（マイワシ，ウルメでは秋期 卵原細胞が大きさが一様ではなく成長期に入る卵原細胞が混在している。カタクチでは，楕円形のものを成長期に入つた卵原細胞と考えると，これが最小卵径群から分離し始めている群とも一致している。

3) 相当に発達した，卵径組成で trimode を有する卵巣は，図版に見られる様に最大卵径群はエオシンで濃染し，卵核はヘマトキシリンで染まり最小及び中間の卵径群はヘマトキシリンで染まる。

Table A. Average for egg-diameter calculated separately in mode (sardine caught western coast of Kyusyu)

no	body length	gonadt weight	GW/BL³	1st mode n	1st mode egg-diameter (m±σ)	2nd mode n	2nd mode egg-diameter (m±σ)	3rd mode n	3rd mode egg-diameter (m±σ)
	cm	♀ gr			μ		μ		μ
1	20.2	10.89	13.200	84	98±34.7	9	394±116	7	722±36.9
2	21.0	5.75	6.200	91	97±32.2	5	312±50.2	4	557±54.0
3	20.4	7.92	9.300	85	102±28.5	11	324±73.4	4	672±58.5
4	19.4	4.02	5.500	93	97±29.5	2	279±25.9	5	453±19.7
5	20.5	4.37	5.070	82	92±29.4	12	274±40.3	6	468±36.0
6	20.0	6.75	8.400	88	100±34.5	8	371±32.3	4	613±42.6
7	20.7	6.92	7.810	86	105±39.0	5	305±38.7	9	645±54.8
8	17.8	6.08	10.760	86	113±34.4	8	307±23.2	6	614±36.0
9	19.3	4.07	5.600	90	103±35.0	10	403±79.0		
10	16.8	1.82	3.830	91	113±42.6	9	403±69.3		
11	19.5	8.10	10.900	59	100±22.1	30	242±61.3	11	1050±10.4
12	17.8	3.05	5.400	79	92±22.3	18	210±45.0	3	484±22.7
13	19.2	6.35	8.970	85	95±29.5	11	339±91.7	4	677±21.4

*** 卵径は楕円形のものではすべて長径を測定した。

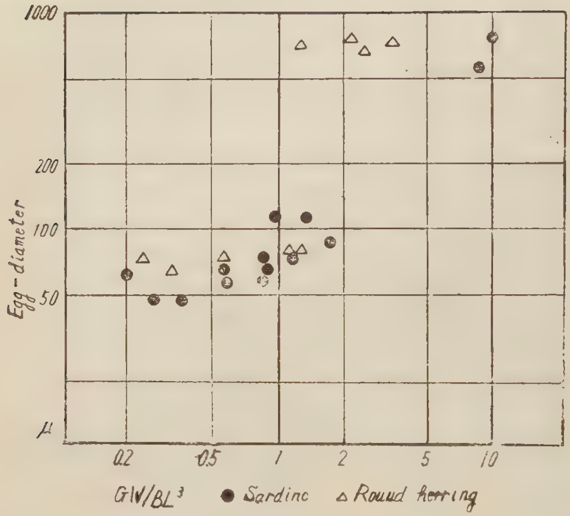


Fig. 3 (a) Relation between egg-diameter and GW/BL³ (Sardine and Round herring)

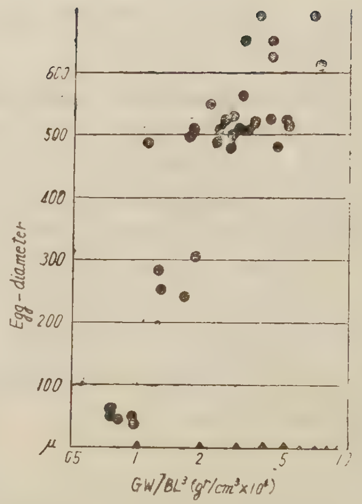


Fig. 3 (b) Relation between egg-diameter and GW/BL³ (Anchovy)

調査結果に対する考察

マイワシ，ウルメの卵巣は夏季に於ては未発達の卵原細胞から成立つてをり，体長 16.0 cm 級のものでもそれ以前発達した様な卵の痕跡は認められなかつた。この時期の卵原細胞の径の分布は殆んど正規に近く平均卵径及散らばりは前述の如くである。

これが時期を追うに従つて平均卵径が大きくなり，散ばりも増大し，偏異係数で 40 %を示す様になると，即ちマイワシでは 12 月，ウルメでは 10 月～11月に卵径分布の大きい方から分離をはじめる卵原細胞が出来る。これは卵子になるべき卵原細胞が成長期に入るものと考えられる。カタクチでは分離をはじめたと思われる卵原細胞は，既に楕円形を呈しているので区別が明瞭に出来る。

染色の程度によつて観ると，未熟の卵原細胞ではは核質はヘマトキシリンで淡染し，その周囲の細胞質は濃染するが，成長期に入つた卵原細胞では核質の染まる程度はさして変化は無いが細胞質は淡くなり，径の大きさは細胞質で（50～130 μ)→(180～220 μ)，核質で（30～70 μ)→(70～100 μ）と変化し核質の成長に比して細胞質の成長が著しく目立つ。

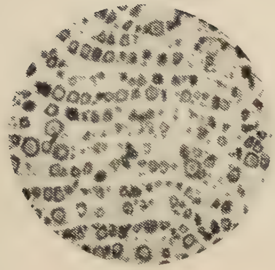
更に時期が進むと卵径組成で三つの mode をもつものが得られるがこの中に bimode のものが存在する所から見て trimode に進む前に bimode の時期を経るものと考えられる。三つの mode を mode 別に見ると最小の群は未熟の時に得た卵原細胞と略同様の構造をもち，中間の群は成長期に入つた卵原細胞と同じである。最大群の卵子では細胞質（卵黄粒）の占める割合が非常に大きいが，核質は 80～100 μ 程度で第一，第二群に比して殆んど大きくなつていない。

一方卵径分布で見ても最大群のものは，中間群に比べて散ばりが一般に小さく，従つてこの両群は成長の過程に於て判然と区別されるのではないかと考えられる。

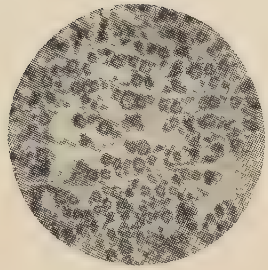
この第一群，第二群，第三群の比は Table 4 に示す通りで未熟の卵原細胞から第三群にまで成長するものは少いわけである。****

**** 測定に当つては卵径の小さなものは見落す可能性があり，実際は更に第二第三群の割合が小さくなるものと考えられる。

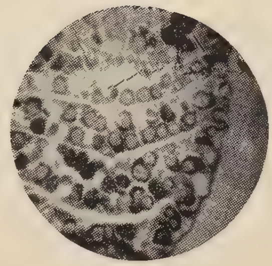
PLATE



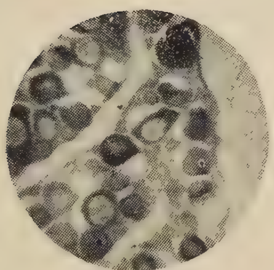
I Sardine (Dec. 21) (×20)



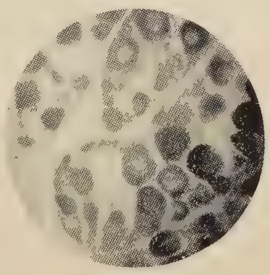
II sardine (Nov. 21) (×20)



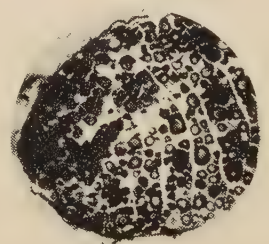
III Sardine (NoV. 21) (×20)



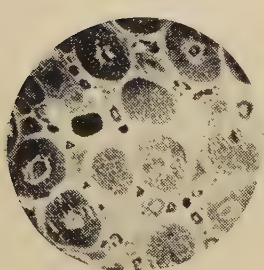
IV Sardine (Nov. 21) (×50)



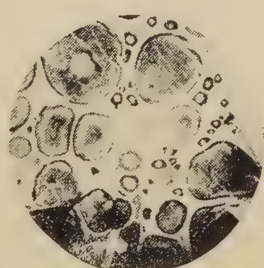
V Sardine (Nov. 21) (×50)



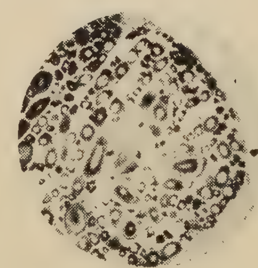
VI Sardine (Jan. 21) (×20)



VII Sardine (Jan. 11) (×20)



VIII Round herring (Dec. 21th). (×20)



IX Anchovy (Sep. 8) (×20)

卵径組成調査の基礎調査

卵径組成は unimode のものについては 100 粒宛，bi—，trimode のものについては全体を 100 粒，更に第二群，第三群を通じて 50 粒宛しか測定していない。従つてこれで卵巣全体の卵径組成を代表し得るかどうかについて疑問がもたれるので同一個体から 5～10 回を選んでその各々について 100 粒宛測定を行いその各々の測定単位別の平均卵径及分散と，夫々の合計の平均卵径及分散との有意差検定を行つた。Table 5 に示す様に差が有意と認められるのが若干あつたが殆んどのものは差が認められない。最小群の平均卵径で差ありとでているのは卵径が小さい為，測定の読みの誤差又は偏りが影響していると考えられ，ウルメの第 2 群のもので平均卵径に差があるのは，この群の分布が安定していない為といえる。

更に各群の粒数の百分率には全く差が認められない。

摘　　要

1) マイワシ，ウルメ，カタクチ共に卵巣卵の卵径組成は未熟のとき unimode を示し平均卵径は 100 μ 以下である。

2) 卵原細胞が成長期に入ると unimode の一部が分離を始めて bimode から trimode へと移行する。trimode の最大群卵径組成は散ばりが第二群のものより小さくこの群が更に成熟するものと考えられる。

3) マイワシ，ウルメの卵原細胞が成長期に入るのは時期的に定つており，カタクチは個体によつて異る。

Table 4. Percentages of egg number in each mode

	date \ mode	% of egg number			←			←			←			←		
		1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
sardine	1.10	90	10	0												
	1.26	86	14	0	74	26	0	82	18	0						
	4.1	50	19	31	68	21	11	70	30	0						
round herring	11.12	98	2	0	87	9	7	87	10	3	99	1	0	99	1	0
	11.21	86	13	3	81	15	4	80	14	6	77	17	6	86	12	2
	12.14	97	5	2	97	2	1	83	11	6	85	12	3	87	10	3
	12.17	78	23	5	88	9	3	90	10	0	94	6	0			
anchovy	1.10	93	5	2	92	7	1	77	18	5	85	11	4			
	5.31	84	11	5	86	10	4	80	14	6	82	13	5	74	21	5
	6.2	71	20	9	73	20	7	76	23	1	70	24	6	71	25	4
	8.7	82	16	2	80	17	3	74	22	4	78	19	3			
	8.31	83	15	2	95	5	0	85	13	2	100	0	0	100	0	0
	9.8	84	7	7	86	10	4	100	0	0	100	0	0	100	0	0
	9.27	79	19	2	72	25	3	80	13	7	72	23	5	79	12	9

Table 5. Average for egg-diameter taken in hundreds from various portion of ovary of one individual

Sardine (Jan. 10th, 1953)

ovarian portion	1st mode		2nd mode		3rd mode	
	N	Egg diameter $m \pm \sigma$	N	Egg diameter $m \pm \sigma$	N	Egg diameter $m \pm \sigma$
		μ				
1	100	87±28.8				
2	100	88±30.1				
3	100	95±32.1				
4	100	93±30.0				
5	100	95±27.5				
total	500	91±30.2				

Sardine (Jan. 11th, 1953)

ovarian portion	1st mode		2nd mode		3rd mode	
	N	Egg diametr $m \pm \sigma$	N	Egg diameter $m \pm \sigma$	N	Egg diameter $m \pm \sigma$
1	78	+104±33.5	14	283±61.3	8	714±59.2
2	77	+106±30.6	19	260±69.5	4	710±96.5
3	81	98±31.4	13	310±77.4	6	710±109.
4	72	94±27.7	17	260±73.7	11	742±48.2
5	79	+87±28.9	13	304±99.0	8	685±53.0
6	80	98±29.0	15	236±51.3	5	654±72.0
7	79	94±32.7	12	302±73.0	9	731±120.
8	71	90±25.4++	19	266±77.2	10	696±66.5
9	72	102±32.7	17	283±75.6	11	720±61.0
10	76	90±32.7	16	246±76.5	8	739±62.8
total	765	96±30.9	156	271±78.6	80	717±79.0

Round herring (Dec. 21st, 1950)

ovarian portion	1st mode N	1st mode Egg diameter	2nd mode N	2nd mode Egg diameter	3rd mode N	3rd mode Egg diameter
1	94	99±28.0	80	315±10.3	20	677±47.4
2	90	93±26.4	83	314±83.2	17	706±51.9
3	91	93±30.3	68	332±99.5	32	695±45.5
4	89	95±28.8	80	362±89.6	20	714±38.2
5	89	98±25.9	74	+365±94.2	26	703±46.3
total	453	97±28.1	385	+336±95.6	115	698±47.1

\+ difference of mean: significant ($\alpha=0.05$)

++ difference of fluctuation: significant ($\alpha=0.05$)

参 考 文 献

川村智治郎，木村好子：シマドジョウに於ける人工排卵について，魚類学雑誌 1，1～7，(1950).

松 井 佳 一：淡水魚の遺伝並びに品種改良に関する研究，Ⅲ，鯉鮒又は金魚の雑種の雄の不胎について，水産試験場報告，3，249～257，(1933)

堀 田 秀 之：日本産シラウオ属の抱卵数，日水会誌，16，35～38，(1951).

竹 村 嘉 夫：ホッケの卵巣についての一知見，日水会誌，18，6～8，(1952).

スケトウタラの若令魚についての二三の観察

石　田　昭　夫
（北海道区水産研究所）

Some Observations on Young Alaska Pollack in the Waters around Hokkaido.

Teruo ISHIDA

The observation were made for the young Alaska pollack caught by small trawlers in Funka-wan Bay and setting net in the waters around Hokkaido.

1) The growth rate of 0—1 age fish of Funka-wan Bay seems to be not variable for the season.

2) The vertebrae number of the fish in Funka-wan Bay have marked variations between the two year classes and neighbouring regions.

3) Some considerations were made for the population structure of Alaska pollack by the present and past data.

ま　え　が　き

北海道のスケトウタラは 12 月から3月下旬にかけて，オコツク海側だけそれより半月程おくれて，全道沿岸一帯にわたつて産卵をする。卵，稚魚時代には直接われわれの眼にふれないが，5月中旬頃になると定置網（おもにイカナゴをとる）が操業し始めるようになり，それに体長 3 cm 位に成長した幼魚がかなりの量のるようになる。そして，それは6月の終りか7月の始めになると，沖合に去るためか，みえなくなる。特に沢山とれるのは噴火湾の砂原附近や小樽市高島で，佃煮原料にするほどとれた時代もあるという。大体の出現地域を聞取りなどで調べた結果は図1のようになつた。斜線で示した地域は高い頻度であらわれる所で，それ以外の地方でも全くとれないという訳ではなく，昔はとれたが今はとれないという所もあり（豊浦，白老など）出現地域はその時の海流とか幼魚の発生量の多少などで，かなりちがうものと思われる。なおスケトウタラの幼魚と一緒に定置網にのるものはマダラ

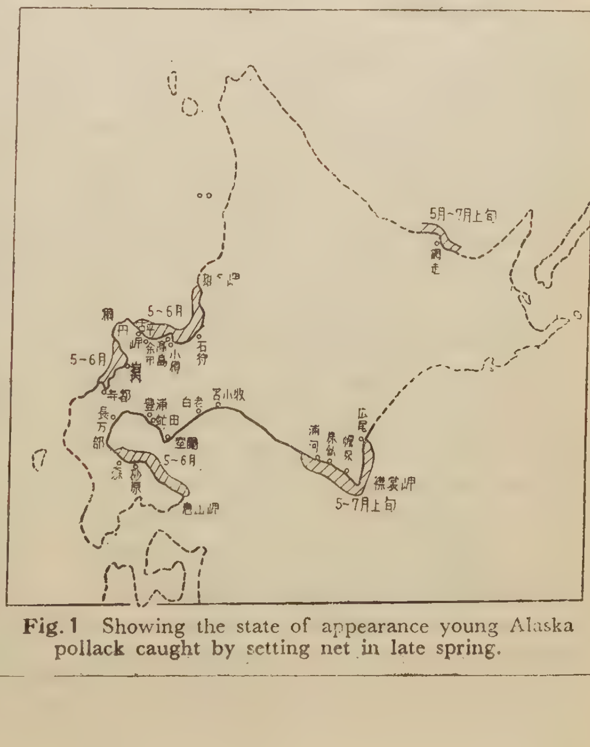


Fig. 1　Showing the state of appearance young Alaska pollack caught by setting net in late spring.

1953 年 5 月 21 日受理　（印刷費負担）

（小樽市近辺，岩内，網走）コマイ（襟裳岬附近，網走）ハタハタ（小樽市附近，網走），ホッケ（網走）などの幼魚である。

定置網にのらなくなつてからの若令魚は底曳漁業によつて，晩看から秋にかけて沿岸よりの漁場で散発的にとれるだけで，はつきりした分布はわからない。ただ噴火湾では体長 5～25 cm 位の 0～1 年魚が小手操網漁船で周年漁獲される。とれる場所は湾の中央部から湾口にかけての水深 70 m から最深部（100 m 余）までのところである[1]。2 年魚以上は湾外に去つてしまうのでとれない。漁獲量は年によつてちがうが，小手操網の盛んだつた 1945～49 年頃は年総額数十万貫におよぶ大量のものだつたと推定されている[2]。

この報告は北海道区底魚資源研究集団の仕事の一部として，底魚の幼魚の生態を知るために，1952 年初夏に沿岸各地を歩き，そのとき集めた幼魚の標本と聞取りでえた知識，および 1951～53 年にわたつて水産孵化場，北水研資源科で集めた噴火湾の小手操網からの材料の観察の結果を石田がとりまとめたものである。おこなつた観察は体長の測定と脊椎骨数の計測で，その意図は手あたり次第データを集めるということと，脊椎骨数の年間，地域間の変動の状態をしることであつた。

この仕事は研究集団，特に北海道水産孵化場と北水試小樽分場の協力によつてなされたものだが，その他の材料の採集にあたつて各地の水産技術普及員の方が集団に対して非常に援助を与えて下さつた。紙上厚く感謝いたします。

Table. 1. Frequency distribution of body length of young Alaka pollack caught by setting net.

Localities	Otaru				Erimo	Aba-shiri	Funka-wan
Date of collection / B. L.	1952 V.23	VI.9	VI.11	VI.16	1952 VII.2	1952 VII.2	1951 VI.16
1.0～1.9	1						
2.0～ 〃	9				7		
3.0～ 〃	7				10	↑	19
4.0～ 〃	5			8	7		29
5.0～ 〃	5			27	8		2
6.0～ 〃		1	6		5		
7.0～ 〃		5			1	↓	
8.0～ 〃		2	2				
9.0～ 〃		2					

体長分布の観察

体長は下顎吻端から被鱗部末端までをとつた。定置網からえられたものについては，その頻度分布を表 1 に示した。噴火湾で採集したものは時期的に系統だつてとられているので，各採集ごとの年級別平均体長を求め成長図の形で示した（図 2）。なおこの場合体長分布が二峰のものがみられたので，それ等は谷の所で二つに分けおのおのについて平均を求め，それは丸でかこんでプロットした。

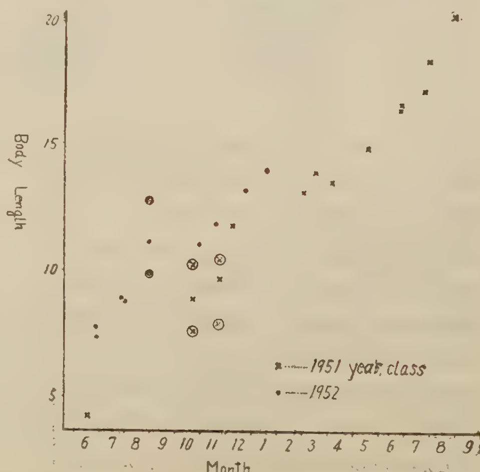


Fig. 2 Growth of the young fish caught by small trawlers in Funka-wan Bay. Year classes 1951—52.

表から襟裳岬のものと小樽近海のものでは前者の方がずつと体長の小さいのが目だつているが，同じ小樽地方でも採集ごとにちがつているのがみられる。小樽地方の 6 月 9，11 日のものは石狩湾口に近い古平町で採集し，それ以外は小樽市高島で集めたもので，前者の方が大きい。このような傾向は同時にとれたマダラの幼魚にもみられた。地理的にこのように近いところでも，体長にこのような差がみられるので，襟裳岬と小樽市附近のもののちがいは海区による差かどうか一がいにいえない。

噴火湾のものの成長図をみると，平均値を結んだ線はジグザグ状をしており，魚群によつて体長の異つていることがわかる。それ故，この成長区は均質な，すな

わちお互によく入りまじつた魚群の成長を追つたものではない。このことは後でのべる脊椎骨数の観察からもいえる。しかし，それらのことを考えに入れても，スケトウダラの若令魚は体長の成長の速度が季節によつて余りちがわないように見うけられる。1951 年発生のものと 52 年発生のものをくらべると，同じ季節のものでは後者の方が常に体長が長い。この差は成長を始めた時期がちがつていたことを示すものといえる。つまり，51 年発生のものは 52 年のものにくらべおそく産卵されたのだろう。

脊椎骨数の観察

脊椎骨数は Urostyle を含めてかぞえた。噴火湾のものを採集ごとに年級別に計測して表 2 に示した。1951 年発生のものにくらべて 52 年発生のものは，10 月以後に採集したものを除き，平均値で 1 近くも少い。10 月以後に採集した 52 年発生群では，脊椎骨数が急に増し，51 年発生群と似た値になつている。そしてそのうつりかわりの状態をみると分布型が変らず，変動範囲が一様に数の多い方に移つている。これは湾の外から新しい魚群が入つてきたというだけでなく，それまで湾内にいた魚が外にでてしまつたことを推測させる。湾内だけの魚群の移動とは考えられない。噴火湾の水の状態をみると，秋までは津軽海峡をぬけてくる対馬暖流の勢力が強いが，10 月には親潮系の水がそれに代る。[3] それ故，水の入れ替りに伴つた魚群の湾内外での入れ替りも充分考えられることなのである。51年発生群は採集回数が少いのではつきりしたことはいえないが，脊椎骨数の分布の上からは魚群の入れ替りがあつたとはいえない。秋の湾内の水の入れ替りの度合には強弱があるので[3]，年によつて魚群の入れ替りが起つたり起らなかつたりするのかもしれない。なお，以上のことから，同じ地方で発生するものの脊椎骨数は年によつて必ずしも同じでなく，変動するということと，お互に隣あつている地方のものでも脊椎骨数に非常に差がある場合があるということをいつてよいだろう。

このような変動は，徳田[4]が Hubbs の淡水魚の研究や彼自身の研究をひいてのべているように個体発生の進行と体節的構造の数量の増加との間の矛盾という関係から，個体発生と生態的環境との対応を通して理解されうるものといえよう。なお，51年発生群と52年

Table 2. Vertebrae number of young Alaska pollack, collected from Funka-wan Bay.

1. 1951 year class.

Date of fishing	49	50	51	52	53	54	55	Mean	s. d.
	Number of vertebrae (plus Urostyle)								
1951, 6, 11		13	33	23	1			51. 17	0. 55
〃 , 12, 5.		9	24	19				〃. 19	0. 90
1952, 2, 28.		25	97	79	4			〃. 30	0. 50
〃 , 〃, 〃.		10	47	24	2			〃. 22	0. 47
〃 , 3, 15.		7	15	11	1			〃. 18	0. 63
〃 , 4, 3.		6	9	10	1		1	〃. 37	1. 24
〃 , 〃, 〃,	1	4	15	14	1			〃. 29	0. 68
〃 , 6, 22,	2	9	52	37	1			〃. 26	0. 51
〃 , 6, 23.		2	11	13				〃. 42	0. 41
〃 , 7, 21～22.		3	7	6	1			〃. 29	0. 72
〃 , 7, 27		6	21	7	1			〃. 09	0. 49
〃 , 8, 28	1	14	31	36				〃. 24	0. 61

2. 1952 year class.

Date of fishing	47	48	49	50	51	52	53	Mean	s. d.
	Number of vertebrae (plus Urostyle)								
1952, 6, —.		1	8	53	44	2		50. 35	0. 47
〃 , 6, 22.	1	2	14	59	43	5		〃. 26	0. 70
〃 , 〃, 23.			2	17	12			〃. 33	0. 36
〃 , 7, 21～22.		3	18	118	92	9		〃. 38	0. 46
〃 , 7. 27.		2	12	53	48	5		〃. 35	0. 62
〃 , 8, 28.			9	49	42	7	2	〃. 48	0. 66
〃 , 10, 28.				2	6	6	3	51. 59	0. 88
〃 , 11, 17.				8	24	19	2	〃. 29	0. 59
〃 , 12, 19.				3	1	3		〃. 00	0. 83
1953, 1, 16.			2	19	41	30		〃. 07	0. 62

発生群の脊椎骨数のちがいは，体長から推測された両者の産卵期のちがいと関連があるとみるべきである。同じ発生年群に属しながら，同じ採集で体長分布が二峰のものの場合，各々の峰に属するものの間での脊椎骨数の差を調べてみたが有意な差はなかつた。

既存のデータからも脊椎骨数の年級変動を知りうる。表3は東北水研で測定したデータ[5]から算出したものである。宮古と金華山の平均体長 27 cm のものは単一の年令群が主になつていると思われるが，その脊椎骨数の平均値は両者間でよく似ており，その他の体長の大きい多くの年令が混つていると思われるものの値とちがつている。

Table 3. Average number of vertebrae in the catches from the fishing grounds off the coast of Hokkaido～Tohoku region.

Localities	Date	Mean B. L	Mean V. N
Tomakomai	1951. 1	52.6 cm	49.51
	3	36.3	50.01
	5	38.2	49.93
	8	40.9	49.65
Hachinoe	1951. 1	35.5	49.42
	3	40.0	49.77
	5	39.2	49.45
	7	38.8	49.27
Miyako	1951. 1	40.7	50.55
	3	**27.4**	**49.10**
	5	40.8	50.17
	7	32.2	49.94
Kinkazan	1951. 1	37.2	50.28
	3	42.5	50.45
	7	**27.0**	**49.31**

われわれが脊椎骨数その他の計測を行うのは，変異の現象の解明をするためというよりは，むしろ，そのような変異を手がかりに，水をへだてて直接われわれの眼にふれない魚の集団が時間の経過とともにどのような移動をするかを知ることが目的になつている場合が一般である。この観察もそのような研究を行うための基礎としてやつたものである。そのような立場からこの観察でえられた結果を解釈してみよう。年級変動が大きいということは，年令査定が簡単ならばかえつて有利な点もあるが，スケトウタラのように年令のわかりにくい魚では，地域間の差を知ろうとする際に年令査定の誤差から生じる年級変動の影響が大きな邪魔になる。また地域間での変動の大きいことは，それ自体は根本的に重要なことだけれど，その変異の状態が問題になる。現在われわれが知りたいことは日本海，オコツク海，太平洋のスケトウタラが相互にどのように入り混るかということなのだから，このような場合には主要な地理的変異がこれらの海区間で起つてくれ，海区内では余りフレのない方が望ましい。それなのに，噴火湾の魚群の交代で示された，隣接した地域間で大きな変動があるらしいということは，上の立場からいつて望ましいことでない。いずれにせよ，このような手がかりを用いて魚群の移動状態を知ろうとする試みは，余程の組織性をもつた調査網のない限り，面倒なことのように思われる。

最後に同じ研究集団に属する北大農学部浜田助手が北海道周辺のスケトウタラについて形態計測から行つ

Table 4. Vertebrae number of matured and young Alaska pollack in the waters around Hokkido.

Localities	Vertebrae number 47	48	49	50	51	52	53	54	55	Mean	s. d.
Abashiri		2	16	88	73	21				50.48	0.83
Wakkanai	1	4	63	93	30					49.77	0.75
Iwanai		1	15	118	57	2				50.23	0.62
Otaru (1951 year class)			2	34	17	1				50.31	0.69
Muroran		1	13	47	77	36	11			50.91	1.01
Funkawan (1951 year class)			4	108	362	279	13		1	51.25	0.73
〃 (1952 year class)	1	8	63	349	281	28	2			50.36	0.76
〃 (〃, after Oct.)			2	32	72	58	5			51.09	0.82
Kushiro			9	40	38	9	1			50.52	0.83

たポピュレーションの構造の研究[6]の結果と本観察の結果とを対比してみよう。表4に浜田が調べた北海道各地の産卵に来游したスケトウタラの脊椎骨数と本観察の結果とをまとめて示した。浜田のデータが示した重要な点は次の二つに要約される。一つは室蘭地方のスケトウタラの変異の巾が他の地方にくらべて広いこと，もう一つは脊椎骨数の変異が稚内を最低の極，室蘭を最高の極として，東西両岸とも傾斜的に変化しているらしいことである。第一の点については本観察の結果から，この地方のスケトウタラが年級による，または特に隣接した地域でも起る脊椎骨数の変動があることから説明される。第二の点についてはこの観察このような地理的変異の傾斜の存在が幼魚の時代から存在して，成魚の時代まで保存されているものらしいという予想を与える。すなわち，小樽市附近で採集した 1952 年発生群の平均値と標準偏差が岩内産の成魚のそれと殆んど同じであるということは，両者の関係が密接なもので，いいかえればこの地方のスケトウタラは他の地方に移動せず，また他の地方から入つてこないということを意味している。しかし資料が余りにも少い状態にあるから，このことは今後の研究にまちたい。

摘　　要

1. 北海道各地の沿岸の定置網で晩春にとれるスケトウタラ幼魚と噴火湾でとれる 0～1 年魚を採集し，体長と脊椎骨数をしらべた。

2. 噴火湾の 0～1 年魚の体長の増加の速度は季節的に余り変りがないようにみうけられる。

3. 噴火湾のスケトウタラの脊椎骨数の年級変動はかなり著しく，また隣接した地域間との相異も大きいことがみとめられた。

4. 既存のデータと今回の観察の結果とを対立させ，北海周辺のスケトウタラのポピュレーションの構造について考察を加えた。

文　　献

1) 佐藤信一，小林喜雄：噴火湾漁業安定基礎調査（中間報告，其の二），34 (1952).

2) 以東底魚資源調査経過報告（資料 3），1951.

3) 小藤英登：噴火湾漁業安定基礎調査（中間報告其の二），1 (1952).

4) 徳田御稔：生物の変異性，岩波書店，(1953).

5) 東北海区水研海洋資源年報，昭和 26 年度，底魚資源篇.

6) 浜田啓吉：北海道区資源調査要報，第3号（1952）に一部発表

サヾエ（*Turbo cornutus* SOLANDER）の生態學的研究-I. 環境の相違による棘の消長

猪 野 峻
（東海区水産研究所）

Ecological Studies of *Turbo cornutus* SOLANDER——I. Changes of the Spines on the Shell due to Environments

Takashi INO

Summary

As shown in Fig. 1, the spines on the dorsal surface of the Japanese topshell, *Turbo cornutus*, are usually divided into four types according to their position. In June 1949 the writer liberated 258 topshells into an artificial pool 15 m×7 m wide in Kominato Marine Biological Laboratory, Chiba prefecture. Here the environment, from the standpoint of salinity, current, bottom character and available food, was not as suitable for this species as was its natural habitat. In June 1950, 58 specimens were recollected from the pool. Observing their spines, it was found that peculiar changes had occurred during the year of transplantation into the artificial pool, as shown in Tables I and 2. The groups produced shell spines that lower in position (A→B, A→C and O→C) are proved to be superior in increased weight and length of shell (Tables 3 and 4). This phenomenon shows the difference in physiological action between the upper and lower spines, the upper spine being related to excurrent action, the lower to incurrent action. Anatomical observations on this snail (Fig. 2) and on the parasitic gastropod, *Amalthea conica* (Table 5), bear out this conclusion.

サザエは我国沿岸の岩礁帯に極めて普通な巻貝で昔から日本人にとつては馴染深い種類であるが，殼の外面に生成された棘は特に人の注意をひき宗教的伝説等にも屢々織り込まれている。その作用については外海のものが棘の出方が多く，瀬戸内海のもの等静穏な環境に棲息するものが少いところから考え波浪に依る転落を免れるための支柱的役割をもつものであるとする人もあるが未だ充分な説明はなされていない。

松井・内橋（1940・1941）は日本各地のサザエを材料として棘の出現率を調査し，筆者及び龜高（1943）は岩盤を掘つて作つた波浪の全然ない洞穴的な環境で有棘型サザエを飼育した結果その様な環境では貝殼の新生部に棘の出ないことを報じ，棘生成の原因が波浪の強弱よりむしろ海水の化学的条件がサザエの棲息に適するか否かという生理学的要因にあることを推察した。これに対し山田（1945）は三重県鳥羽と和歌山県加太両地先産サザエの棘の出方を吟味して筆者等の意見は早計で遺伝的要素をより重視すべきであるとの意見を述べている。

本文は千葉県小湊に於て波浪の影響が殆んどない静穏な海水プール中にサザエを放養した場合の棘型の変化と肉体の解剖学的所見・外面に付着する腹足類の1種キクスズメ（*Amalthea conica*）の着生状態等から棘の作用について考察を試みたものである。材料の採取及び飼育管理に協力された古川敬氏に対し深甚なる

1953年6月3日受理　東海区水産研究所業績B第120号（印刷費負担）

謝意を表する。

材料及び方法

標識放流による考察に用いた材料は 1949 年 6 月千葉県小湊町東京水産大学小湊臨海実験所前面の禁漁区内で採集測定後放養した 258 個中 1950 年 6 月約 1 ケ年後再捕された殻長（放流時）3～5 cm のもの 58 個体である。サザエを放養したプールは天然の岩盤を干潮時の水深約 1.5 m 迄掘り下げて造つた広さ 15m ×7 m のもので，砲金の網を張つた注排水口が 4 個あつて外部と通じているが，網と岩面の境界が一部破壊されたためそこから多数の材料が逸脱し再捕率が少なかつた。

飼育には特別給餌することなく貧弱ながら壁面に叢生しているホンダワラ・アラメ等天然餌料に委せた。従つて餌料が少いのみならず底質も大部分沈澱堆積した砂泥で海水の濁りが多く，潮水の流通も悪いし湧出水の影響もあつて常に稍低鹹で自然棲息域に比しサザエの棲息には余り好適でない。

殻唇の棘状突起は Fig. 1 に示す様に生ずる位置に従つて A・B・C の 3 型とし，全然生じないものを

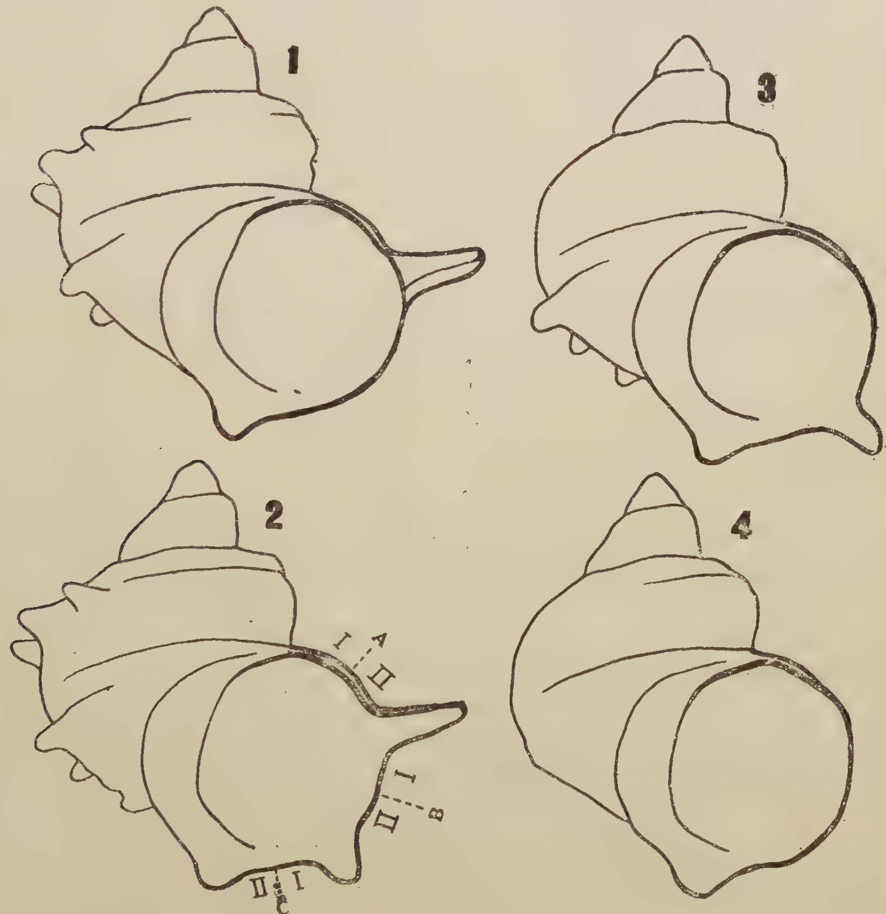


Fig. 1 Type of spines of *Turbo cornutus*.
1…Type A.; 2……Type B.; 3…… Type C; 4……Type O. A, B, C and I, II show the division of area along outer lip of shell where *Amaithea conica* attached

O 型とした。

棘の作用に関連し調査したキクスズメの着生位置は Fig. 1 の図 2 に示す様に区分した。

観察結果及び論議

1. 実験環境に於ける棘型の変化

上記プールに標識放流し約1ケ年後再捕測定した結果殻長も重量も夫々増加し，外唇部に於て殻縁が螺旋的に成長方向に伸長しているが，この新生部に於ける各棘型の出現率を見ると Table 1 に示す通り放流時に比し甚しい相違が見られる。即ち放流時半数近くを占めたA型が全く見られず，逆に放流時最も僅少だつたC型が 43% を占めるに至つている。

Table 1. Difference in frequency of spine type before and after liberation of *Turbo cornus* in experimental environment.

Time / Type of spine	Before experiment		After experiment	
	No. of materials	%	No. of materials	%
A	26	44.8	0	0
B	12	20.7	10	17.2
C	2	3.5	25	43.1
O	18	31.0	23	39.7
Total	58	100	58	100

Table 2. Details of difference in frequency of spine type shown in Table I.

After / Before	B	A	C	O	Total
B	2 (16.7)	0	7 (58.3)	3 (25.0)	12 (100)
A	8 (30.8)	0	10 (38.5)	8 (30.8)	26 (100)
C	0	0	1 (50)	1 (50)	2 (100)
O	0	0	7 (38.9)	11 (61.1)	18 (100)
Total	10	0	25	23	58

この場合どの型がどの様に夫々変化したかを分析的に示せば Table 2 の通りである。この表で分る通りB型 12 個の内僅か2個（16.7%）が B 型を維持し7個（58.3%）がC型に転じ3個（25%）が無棘型に変じたことを示す。同様にA型 26 個の内8個（30.8%）は更に1列の棘を生じてB型に変わり，10 個（38.5%）は上列（螺頂を上にした場合）の棘が下列に移つてC型となり8個(30.8%）が無棘型になつたことを示している。A型がC型に又はC型がA型に成つたことは棘列数が同じで単に上列が下列又は下列が上列に移つたことを示すに過ぎぬので，この表の対角線上枠内の数字は棘列数に於て無変化な傾向・その左下は増加・右上は減少の傾向を示す訳である。

そこで Table 2 の各枠に含まれる個体の殻長及重量増加率を算術平均し，数値の大きいものから漸次排列すると，Table 3, Table 4 の通りになるが，これ等の表とを対比すると，A→B, O→C の棘列増加の傾向を示すもの及び A→C の群は殻長・重量共に増加率が大きく，逆に棘列減少の傾向を示すもの特に無棘型に変じたものは増加率が低くて成長の著しく悪いことが看取される。この内 A→B という変化は下列に棘が追加されたことを意味し結局成長率上位に位する A→B, O→C, A→C の三群は皆下列に棘の生成された群と言える。そして下列のみならず上列にも棘を生じて A→B の変化を示した群は成長が優れて良好であることを示している。この事実は先に著者等（1943）が述べた様に棘の生成は環境の変化と密接な関係があり，然かも上棘と下棘の間には生理的作用に相違のあることを推察させる。

尚 Table 3, Table 4 に示した増加率を自然環境に於ける標識放流結果及び洞穴式活州に入れた竹籠中で十分給餌して飼育した場合（猪野・龜高 1943）の増加率と比較すると，殻長 5〜6 cm の範囲で 1 年間に前者は殻長増加率 48%，重量増加率 127.4%に対し後者は殻長増加率 19.9%，重量増加率 70.1% で，本研究の実験結果はこの両者の中間に位するのでこの海水プールはサザエの棲息に対し岩盤を掘鑿して造つた洞穴式の活州よりは良いが自然環境よりは悪いことが想像される。

2. サザエ餌室中の海水循環

Table 3. Relation between change in spine type and increased percentage of weight during the period of transplantation.

Form of spine		%
Before	After	
A	B	178. 7
A	C	126. 4
O	C	125. 9
B	B	109. 3
O	O	108. 5
B	C	97. 5
A	O	89. 5
B	O	84. 3
C	O	74. 3
C	C	38. 3

Table 4. Relation between change in spine type and increased percentage of shell length during the period of transplantation.

Form of spine		%
Before	After	
A	B	45. 4
A	C	40. 1
O	C	31. 6
B	C	30. 9
O	O	30. 8
A	O	29. 6
C	C	29. 3
B	B	26. 7
B	O	24. 4
C	O	21. 5

サザエを硝子面に匍匐させて腹面から観察すると頭部腹面の吻を中央に左右両側に頭部触角・眼柄が位置しているが，その各外側に夫々1個の空隙が見られる。空隙は頭部触角を覆う様に突出した左右上足の各前縁と外套膜縁のそれに相対した特定部により囲まれている。

外套膜縁のその部分は他の縁部に比し帯緑黒色の色彩が濃く一見して区別される。又その部分の外套膜縁は棘壁が匍匐面又は棘の先端に向つて開いているときには棘の内面全部に亘り伸長しているが棘の基底が真珠層の分泌により封鎖されたときには収縮している。棘生成の方向は一定していて棘軸と匍匐面は大体に於て平行している。従つて外唇部に於て棘が長く突出し棘の匍匐面に相対する壁が開いている状態では頭部両側に見られる外唇膜縁・上足両部が相倚つて作る空隙はより広い訳である。又棘が生成されていない場合でも棘の生成される位置の外唇縁は外方に稍膨出していて外唇縁が成長方向に延びるに従いその部分が一連の隆起縁(螺肋)として貝殼外表面に彫刻されるのが普通である。

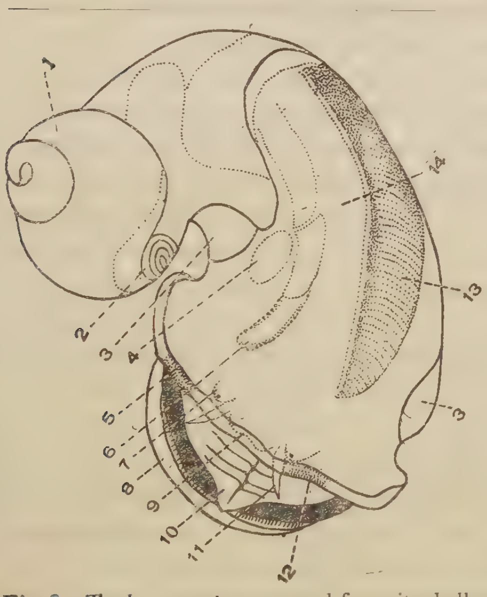


Fig. 2 *Turbo cornutus* removed from its shell, left side view. I, liver, 2, stomachal caecum, 3, columellar muscle ; 4, osphradium : 5 pallial margin just under excurrent spine ; 6, anus ; 7, eye ; 8, operculum ; 9, ; snout ; 10, pedal sole ; II, cephalic tentacle; 12, pallial margin just under incurrent spine ; 13, gill ; 14, gill chamber.

一方軟体特に鰓室中に於ける器官の配置構造を見ると Fig. 2 の通り下棘の内側即ち体層の前端に近い部分には鰓が位置し，上棘の内側即ち体層の縫合に近い部分には内方から肛門が突出し開口している。このことは既に Yonge (1937•1938) が幾多の腹足類で指摘している様に左から右に反時計廻りの呼吸水の循環が行われていることを推察させる。つまり下棘下側の部分から鰓室に入つた新鮮な海水が鰓表面で瓦斯交換を受けたのち肛門から排泄される糞を混じて上棘下側の部分から外部に排出されるので，このことは生体の飼育観察で容易に首肯することが出来る。かゝる観察では同時に貝殼の前端・軸唇の部分にも内向する水流を認めることが出来る。

又サザエのみならずアワビ・トコブシ等の貝殼表面に極普通に発見されるキクスズメ（*Amalthea conica* Schumacher）の着生状態を観察すると上の事実が一層明瞭となる。キクスズメは小形笠形で淡褐色を呈する腹足類の一種で稀に岩礁上にも見られるが，アワビ・トコブシに付着している場合には稍後方に近い 2～3 の呼水孔縁或は貝殼の左側壁を廻つて位置し生時は僅かに扛起した貝殼の下側から黒色の頭部触角・吻を

体長し呼水孔から排出される宿主の排泄物又は岩礁上の微細な有機物を摂取している。サザエの場合には Table 5 の通り上棘即ち肛門附近の外唇縁に集中的に着生し，頭部を外唇縁に向けている。サザエの外唇縁が成長するに従つてキクスズメはそれを追つて次第に移動するが，その場合サザエ殻表には往々にして明瞭な移動した痕跡が示される。このことは上棘がアワビ・トコブシの呼水孔と同様鰓室からの呼吸水排出に関連していることを推察させる。

Table 5. Frequency of position of attachment of parasitic gastropod *Amalthea conica* in relation to spines. AI, A, ……CII shown in Fig. I.

Item \ Area	A I	A II	B I	B II	C I	C II	other	Total
No of individual	61	110	48	11	7	14	31	282
%	21.6	39.0	17.0	3.9	2.5	4.9	10.9	100

かゝる観点からすればサザエの棘は単なる貝殻上の突起ではなく呼吸水の体内循環に関与し，上棘は呼水突起又は呼水棘（Excurrent spine），下棘は吸水突起又は吸水棘（Incurrent spine）と称すべきものと思われる。然し前述した様に呼吸水の流入に対しては軸唇の部分も関与しているので，外海から採取した場合多数漁獲されるA型の個体ではこの部分が海水の鰓室流入に相当の働きを示しているのであらう。

本文で述べた海水プールではA型が全く消失してC及びO型が約 83% を占めるに至つているが，その原因は将来の生理学的実験を俟つて究明されねばならぬとしてもサザエの棲息に対し不適当な環境条件の下に於ける一種の適応と見ることが出来よう。かく自然状態に比し稍低温低鹹で有機物の多量底部に沈積する環境では水の化学的条件が貝殻の生成にある程度の影響を及ぼすことが考えられる。同時に餌料海藻が著しく乏しい状態なためサザエは必然的に栄養不足に陥りその生理的条件が棘の様な過剰の貝殻生成を許容しないということも考えられる。然しかゝる不適環境ではサザエの新陳代謝がより緩慢なため鰓室中の海水循環もより少い筈でそのことが棘減少の傾向を辿らせたともいえるし，それにも拘らずA型が消失して逆にC型が増加したこと，つまり呼水棘が失われて吸水棘をもつ個体が増加したことは前記棘の作用に関連した適応と見る以外にないであらう。

反面かゝる環境に於て尚A型をB型に転じ呼水棘，吸水棘の両者を併有するに至つた個体が群を抜いて良好な成長度を示すことは注目に値すると考える。

文　　献

猪野峻，龜高洋介（1943）：サザエの食量と環境による形態の変化，日本水産学会誌 12(3)：113—118.

——（1949）：The effect of food on growth and coloration of the topshell (*Turbo cornutus* Solander) Jour. of Mar. Res., 8(1)；1～5

Y. Matsui and K. Uchihashi (1940)：On the variation in spines of the Japanese top-shell, *Turbo cornutus* Solander. *Annot. Zool. Japon.*, 19 (1)：61—66.

山田正興（1944）：鳥羽産及び加太産サザエ *Turbo cornutus* Solander の棘について. 動雑56(11)：5–9.

Yonge (1937)：The Biology of *Aporrhais pes-pelecani* (L.) and *A. serresiana* (Mich) *Jour. of the Mar. Biol. Assoc.* 21 (2)：687～704

——(1938)：Evolution of ciliary feeding in the Prosobranchia, with an account of feeding in *Capulus ungaricus*. *Ibid.* 22 (2)：453～468.

サ バ の 洄 游 路*
(サバ標識放流試験結果)

木 村 喜 之 助
(東北海区水産研究所)

Migration of Mackerel, *Pneumatophorus japonicus* (HOUTTUYN) shown by Tagging Experiment in Japanese Water

Kinosuke KIMURA

The review of the works conducted in the past has brought the conclusions as follows on the recapture of tagged fish as well as course and season of migration for Japanese mackerel.

1. In the Sea of Japan, the rate of recapture was found to be 0.92% against the number of liberation for Japanese islands, whereas it was 0.51% for the eastern coast of Korea. In the pacific coast of Japanese islands, the same rate was 0.80%. These figures indicate very low rate of recapture compared to those obtained for yellowtail.

2. The number of recapure show peak figures during 41 to 50 days after the release, but they are very low immediately after the liberation. Considerable number of tagged fish were also caught as late as one to two years after the release.

3. n (the number of recapture) and t (the elapsion of days after the release) may be expressed by an exponential equation. (Fig. 2),

$$n=5\times 10^{-0.0017t}.$$

The same equation was calculated for yellowtail as

$$n=10\times 10^{-0.0017t}$$

4. The route of migratiou may be summarized as follows:

(i) The shoals migrating southward along Korean coast in fall arrive Korean Strait, thence the fish, in spring and summer of the following year, enter northward migration but in two split shoals, the one along Korean eastern coast and the other along the northern shore of Japanese islands.

(ii) There seems to be a "fish way" connecting the west side of Oki Island and Kogendo, Korea, which is observed in the months of May to September.

(iii) The study also indicates the existence of another "fish way" which, seen in summer months, rûns from Yamato Bank in central part of Sea of Japan to Kankyôhokudô, Korea.

(iv) The mackerel in Sea of Japan show both north-and southward migration within a year, but there is a tendency that the fish of older ages have center of their migration in southern waters within range of moving.

1953 年 4 月 30 日受理 (印刷費負担)
* 東北海区水産研究所 業績 第 21 号

はしがき

著者はさきに，標識放流試験の結果から見たブリの洄游路を報告[1]した。此のサバに関する報文も，大体前報文と同様な方法で洄游路の吟味を試みた。

放流と再捕の記録は

丸川久俊・神谷尚志　重要魚の標識放流成績[2]　水産試験場報告　第1号

水産試験場　海洋調査要報　第41報～第70報[3]

片山　年　サバ漁業[4]　（単行本）

から集めたものである。　但し昭和21年以後（終戦後）の記録は採入れてない。

放流尾数と再捕率

放流が最も多く行われたのは島根県下と朝鮮（東岸）である。

島根県水試は大正13年（1924年）から昭和6年（1931年）迄毎年凡そ1,000尾程度宛，合計7,924尾の放流を行い，之が全国で再捕されたもの60尾，再捕率は0.76%，朝鮮では大正13年（1924年）から昭和13年（1938年）迄9,340尾の放流に対し，その再捕は48尾で，再捕率は0.51%，他に尚放流尾数の不明のものがあり，それに対する再捕魚も6尾を数えている。

北海道では日本海側とオホーツク海側で，昭和3年・6年・10年に1,883尾の放流に対し再捕が22尾，再捕率は1.17%，他にも尚若干の放流と再捕がある。

北海道・島根県を除く日本海の日本側青森―福岡県下では，大正15年（1926年）から昭和16年（1941年）迄に，1,480尾の放流に対し22尾の再捕があつて，再捕率は1.49%の稍高率を示している。

日本海中央部大和堆附近の漁獲魚に対しては，福井県水試の努力により2,516尾が放流され，再捕は8尾，再捕率は0.32%でかなり小さいが，朝鮮の放流魚の再捕率に比べると，あまり小さいと云う程でもない。

太平洋側では千葉・三重・和歌山・高知・鹿児島の各県で合計999尾の放流があり（茨城県下の放流は尾数が不明），再捕は8尾で再捕率は0.80%，大体日本海並である。

最後に之等を全部合計すると全放流尾数は24,187尾（他に尚1,000尾程度の放流があつた模様），再捕魚総数は168尾（他に十数尾の再捕が知られている），再捕率は0.69%となつている。此の再捕率をブリの22%に比べると1/30以下の小さい値であるが，其の理由として次の様な事が考えられる。

（i）サバの放流が沖合で多く行われたのに反し，ブリは定置漁場の近くであるから，ブリの方は直ぐ又近くの定置網へ入る事が多く，従つて再捕率に大きな差が生ずる。

（ii）サバの放流魚の大部分が延縄や手釣の漁獲物であるから，魚体が弱つていて，標識を附けて放流しても間もなく死んでしまうものが多い。

（iii）サバはブリに比べて魚体が甚だ小さいから，標識も小さいし，漁獲物は一山に積み上げられて，標識が人目に附く機会も少い。

放流魚の魚体

日本海で放流されたサバは大型のものが多く，普通400～1,000g（100～250匁）である。然し太平洋のサバは割合小く，三重県下で放流されたものは260g程度，千葉・茨城県下のものも大体その程度と思われる。

再捕日数

此処に再捕日数とは放流された日から再捕された日迄の日数とする。

再捕日数0日，即ち放流当日再捕されたものが1尾，又再捕日数1日のものは7尾もあるが，2～10日のものは僅かに2尾，11～20日のものも3尾，ところが21～30日のものは7尾，31～40日のものは9尾でか

なり多く，41～50 日のものは 13 尾で最大値を示し，51～60 日のものになると僅かに 2 尾に激減している。

斯様にサバが 0～20 日の再捕日数で獲れる事の著しく少ないのは，放流の状況がブリと著しく違つているからである。即ちブリでは定置漁場で漁獲されたものを，その漁場の少し沖合で放流するのであるから，再び放流地点近くの定置漁場で漁獲される場合が非常に多い。

サバでは定置漁場の漁獲を放流した場合は少く，大部分が距岸数浬乃至数十浬の沖合で，延縄・手釣（朝鮮では巾着網も多い）で漁獲されたものに就いて放流が行われるので，恐らく放流後に斃死するものも多いであろうし，再捕も放流直後のものが少いのであろう。但しサバも，茨城県豊浦町川尻のブリ落網から放流されたものは，放流当日既に 1 尾は北方の南中郷（茨城県）のブリ落網で再捕され，翌日は 2 尾江名（福島県の南端）のブリ落網で再捕された。

再捕魚の多いのは 36～50 日の期間であつて，此の期間ではどの再捕日数に対しても必ず 1～3 尾の再捕魚があり，0 がない。更に 97～103 日の期間に対しても，孰も 1～3 尾の再捕魚が見られている。

今再捕日数の 0～110 日に対する夫々の再捕尾数を○印で図示すると第 1 図の様になり，之に対し 5 日宛の移動平均を 2 回繰返えし，頻度曲線を滑にしたものが太い実線で描かれている。又ブリの場合も比較の為に，細い破線で示されているが，此の両曲線を比較するとかなり違つた傾向が認められる。即ちブリではかなり正確に，再捕数は再捕日数に対し，次の様な指数曲線的減少を示しているのに，

第 1 図　再捕日数と再捕尾数の関係（再捕日数 110 日以内のもの）

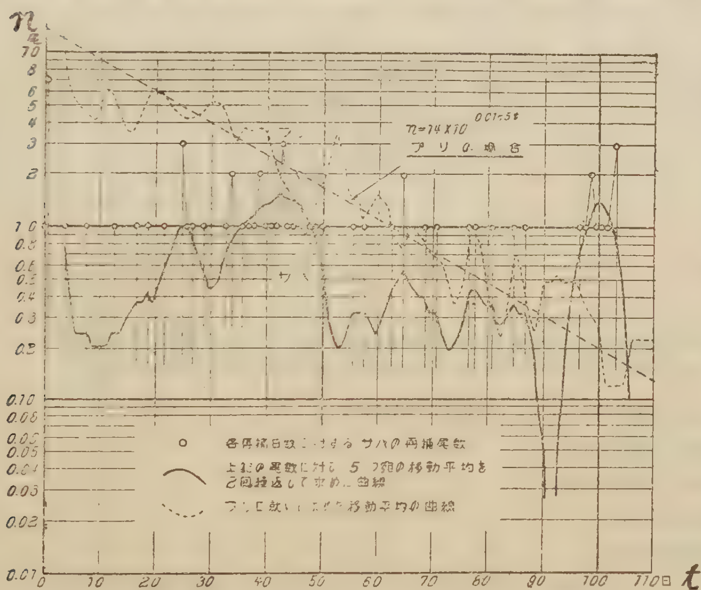


Fig 1. The relation between n (the number of recapture) and t (the elapsion of days after the release) for the interval of t 0—110 days.

指数函数を $n=n_0\times10^{pt}$ の形で示すとすれば，ブリでは $n=14\times10^{-0.0185t}$

又対数をとつて $\log_{10}n=\log n_0-pt$ の形で示すと $\log_{10}n=1.146-0.0185t$

（此処で n は各再捕日数 t に対応する再捕数）

サバでは 36～50 日と 97～103 日に非常に再捕数が多く，指数曲線的減少は認められない。

次に再捕日数の 1,000 日を超える長期のもの迄を含めて，全再捕魚に就いて再捕日数と再捕数の関係は第 2 図の通りである。此処では再捕日数を 10 日宛に区切つて，其の期間の再捕数を纒めて図示してある。同図に於いては，再捕日数の 3 単位（10 日を 1 単位とする）宛をとつて移動平均を 2 回行い，頻度曲線を滑にして見ると，即ち長期に亙る再捕魚に対しては短期の場合と異つて，サバに就いても再捕数が再捕日数に対

第 2 図　再捕日数と再捕尾数の関係（再捕日数 1,100 日に至る全期間に対して）

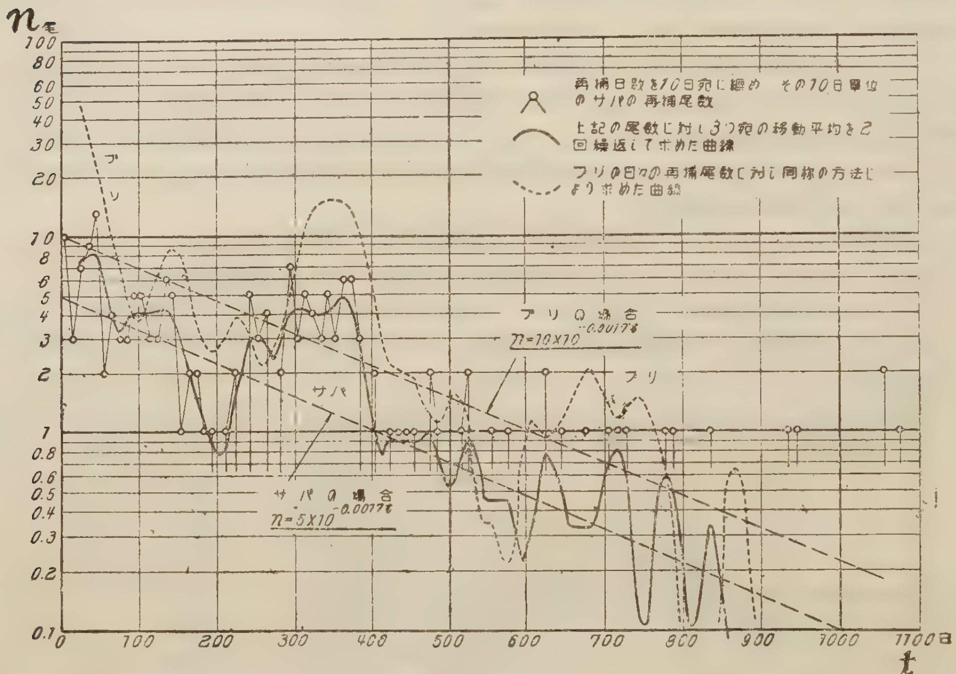


Fig 2. The relation between n (the number of recapture) and t (the elapsion of days after the release) for the whole recaptured fish of t 0—1,100 days

して指数曲線的減少を示す事ブリと同様である。但しこまかく吟味すると，

（1） 200 日附近に再捕数の著しい極小値がある。

（2） 満 1 年附近で再捕数が著しく増大する。

（3） 満 2 年附近でも再捕数は増大する。

（4） 満 3 年附近にも 3 尾の再捕がある。

（5） 第 2 図に示されたサバとブリの頻度曲線（移動平均を 2 回行つたもの）を指数曲線で代表させてみると次の様な式で表わされる。

サバでは

$n=5\times10^{-0.0017t}$　又は　$\log_{10}n=0.70-0.0017\,t$

ブリでは

$n=10\times10^{-0.0017t}$　又は　$\log_{10}n=1.00-0.0017\,t$

サバもブリも指数曲線的減少率 p に対し，0.0017 の同じ値で代表させてあまり不都合でないという事は非常に興味がある。放流尾数の多少とか魚体の大小による再捕発見の難易等は，常数項 n_0（サバでは 5，ブリでは 10）に関係するものであつて，サバもブリも共に p が 0.0017 という値を表している事は，再捕日数に対する再捕数の関係が魚種に関係しないという事であり，サバもブリと同様 n_0 が 10 になる様放流尾数を多くすれば，500 日・1,000 日後の再捕数も亦ブリと同様になると云う事を示しているものである。

放流魚の移動

全再捕魚に対し，放流地と再捕地の関係を明かにしたものが第1表である。表内の数字は再捕日数で，括弧内の数字中始めのものは放流の月，後のものは再捕の月である。

今放流地で分割し，その地で放流された魚がどう移動するかを吟味する。

(I) 放流地　北海道

短期再捕魚（ブリの場合と同様1年の 1/4，即ち 90 日以内で再捕されたものを短期再捕魚と呼ぶ）は全部放流地の附近で漁獲されている。

中間期再捕魚（91～270 日の再捕魚）は全部南下し，本州の日本海側で 14 尾が再捕され，外に1尾，北海道オホーツク海側（紋別沖）で8月放流されたものが，12 月北海道日本海側（乙部村沖）で再捕，又更に1尾，8月紋別放流のものが，12 月朝鮮江原道でも再捕されている。此の後の2尾は秋季オホーツク海から宗谷海峡を通つて日本海へ出たもので，オホーツク海の魚群の秋季の洄游路を示す貴重な資料である。

(II) 放流地　秋田・山形県

短期再捕魚なく，中間期と長期（271 日以上）のものは，新潟以南（新潟一京都）で再捕されている。

(III) 放流地　新潟県

本県下では短期1尾，中間期1尾，長期2尾が再捕された。

北方で再捕され2尾中，北海道で再捕された1尾は記録が不正確であり，秋田の再捕魚は 946 日を経過している。

南方の再捕魚は5尾で，中間期乃至長期のものである。

(IV) 放流地　石川・福井県

放流地の再捕4尾（短期2尾，中間期1尾，長期1尾），北方で1尾（中間期），南方で1尾（長期）

(V) 放流地　島根県

放流尾数が甚だ多いので，従つて再捕魚も仲々多い。

同県下再捕魚は

短　期	15 尾	（98 日のものを便宜上短期へ入れる）
中間期	1 尾	（再捕日数 243 日）
満1年	8 尾	（356～459 日の再捕魚）
1年半	1 尾	（528 日）

本州側の北方で再捕されたもの　新潟～鳥取県下に9尾，その内訳は

短　期	6 尾	（8～50 日）
中間期	0 尾	
満1年	2 尾	（372，408 日）
1年半	1 尾	（560 日）

南方で再捕されたもの　山口～鹿児島県下に 17 尾，その内訳は

短　期	4 尾	（13，19，43，78 日　山口・福岡県下）
中間期	0 尾	（260，268 日を便宜上満1年の方へ入れる）
満1年	9 尾	（260～384 日）
満2年	3 尾	（679，724，781 日）
満3年	1 尾	（1,074 日）

朝鮮で再捕されたものは　咸鏡北道～慶尚南道で9尾，その内訳は

短　期	1尾	（江原道）
中間期	5尾	（江原道～咸鏡北道で 99～178 日）
満1年	1尾	（慶尚南道　309 日）
1年半	2尾	（咸鏡南道・江原道　487，529 日）

以上を通覧すると

（i） 5月を中心に島根県で放流されたサバは先ず大体に北上し，短期再捕魚は本州側に6尾，朝鮮側に1尾，南下した短期再捕魚も朝鮮海峡（山口・福岡県の沖合）で再捕されたものである。

（ii） 中間期再捕魚は朝鮮側に丈け5尾，朝鮮側としては短期を入れて6尾が 2～6 ケ月の内に再捕されたことになる。之は本州側を北上して再捕されたもの6尾と同数で，従つて島根県方面のサバは，本州沿いに北上するものと同程度の魚群の集団が北西に進んで，直接に朝鮮側へ移動することが明かである。

第3図　昭和16年5月・6月の日本海表面水温分布図



Fig. 3　Isothermal lines on the surface in Japan Sea in May and June, 1941

（iii） 島根近海から朝鮮への移動路は第3図（昭和16年5月・6月の日本海表面水温分布図）によつても明かな様に，隠岐島の西北から北西に進んで江原道へ到達する暖水塊があり，此の水塊により運ばれたものである事は間違いない。従つて江原道の再捕魚には 63 日という短期のものがあり，咸鏡南道では 99 日，咸鏡北道では 147 日と次第に遅れている。勿論夏から初秋はサバの北上期であるから，中間期再捕魚は江原道の南方には見られない。慶尚南道の再捕魚は4月であつて，1年に近い日数を経過したものである。

（vi） 本州側を北上したものの最北の再捕地は新潟県である。新潟県放流のものでは秋田県で1尾再捕された丈けで，北海道で再捕された1尾は記録が不正確である。此の様な結果から見ると，サバの本州側を北上するものも，移動距離はあまり大きなものでなく，北海道へ達するものは稀と見てよいのではなかろうか。

之はブリに就いても同様で，日本海の本州側で放流されたブリの内北上して再捕されたものは，若狭湾から石川県西部へ2日後に，富山湾から新潟県下へ131日後に，此の2尾がある丈けで，その北上距離は甚だ僅かである。

ブリに比べてサバの場合は北上もかなり顕著ではあるが，上述の様に日本近海を北上して北海道へ到達するサバの資源量は，比率の上から云うとあまり大きいものではないらしい。従つて，北海道のサバは，本州近海のサバと群団が違つているのかも知れない。

但し此の記録は大正の後期から昭和 17 年迄のものであるから，近年北海道日本海側で好漁を示して

いるサバについて，此の説が成立するかどうかは又別問題である。

（v） 長期の再捕魚は鳥取県以北で3尾（1年と1年半のもの）であるが，山口県以南では 13 尾（1年9尾，2年3尾，3年1尾）で断然多く，再捕日数が著しく大きい。朝鮮側のものは鳥取県以北と同様3尾（1年と1年半のもの丈け），此の結果から見て，サバは1年を週期として北上，南下を繰返えしているとしても，結局は南方へ移つてしまい，高年魚は南方水域に増加する事になる。

（VI） 放流地 朝鮮

（i） 朝鮮近海の放流はその大部分が咸鏡北道で行われ，従つて再捕も咸鏡北道で 24 尾がある。その内訳は

短 期	9 尾	（17～71 日）
満1年	13 尾	（288～390 日）
満2年	2 尾	（704, 777 日）

中間期や1年半というもののないのは，放流が主として8月であるため，中間期の再捕魚では漁獲の時期が 12 月から5月の頃になるが，此の時期は北鮮の水温が甚だ低く，サバも滞留しないものと思われる。

咸鏡北道の放流魚で咸鏡南道以南の朝鮮で再捕されたものは 16 尾，その内訳は

短 期	3 尾	（46, 77, 87 日）
中間期	7 尾	（101～249 日）
満1年	4 尾	（309～437 日）
1 年半	1 尾	（511 日）
2 年半	1 尾	（833 日）

短期再捕魚の3尾は孰も8月放流のもので，咸鏡南道で 46 日，江原道で 77 日，慶尙南道で 87 日，早いものは大体此の速度で南下すると見てよいのではなかろうか。

尙，半年，1 年半，2 年半というものが目立つて多い。

咸鏡北道の放流魚で日本側で再捕されたものは秋田～鹿児島に9尾で，その内訳は

中間期	5 尾	（132～263 日）
満1年	1 尾	（約 300 日）
1 年半	1 尾	（571 日）
2 年	1 尾	（647 日）
2 年半	1 尾	（937 日）

之も朝鮮の南部と同様に半年・1 年半・2 年半のものが多い。

（ii） 咸鏡北道以外の地で放流されたもので再捕されたのは，江原道の放流が2尾（再捕地 江原道で 365 日，島根で 296 日），慶尙南道の放流が1尾（再捕地慶尙南道 97 日），全羅南道の放流が2尾（再捕地共に咸鏡南道 22 日，47 日），以上僅かに5尾に過ぎない。

此の中6月，7月朝鮮を北上するものが案外に早く，22 日・47 日の短い日数で咸鏡南道に達しており特に 22 日のものは最短距離 460 浬であるから，1 日 21 浬以上，毎時平均1浬の速さ，或はそれ以上で北進を続けていた事になる。

（VII） 放流地 大和堆

再捕は朝鮮側にも日本側にも見られたが，短期再捕は咸鏡北道の 65 日が1尾，中間期再捕魚は咸鏡南道の 115 日1尾，日本側では対馬・五島方面の再捕魚が比較的早い方であるが，268 日・296 日を経過している。之等を満1年の再捕魚へ入れると，朝鮮海峡から福井県迄の間に，満1年5尾，満2年1尾となる。そして日本で再捕されたものも大部分が一旦北鮮へ到達し，秋から冬に朝鮮側を南下して朝鮮海峡へ到り，翌春日本側を北上したものと推定される。

既に島根県の放流魚に就いて東朝鮮暖流に乗つて江原道へ到達するものが多いと述べたと同様に，大和堆方面にもその西側を北北西流して直ちに咸鏡北道へ向う暖流水系がある。従来大和堆のサバが8月・9月頃北海道西部へ移動すると考えられていたが，此の再捕記録から見て，北鮮へ移動するものもかなり多いと思われる。

今島根県と大和堆の放流魚で，比較的早く再捕されたものを挙げると，

島根県──→	江 原 道	最短日数	63 日
	咸鏡南道	〃	99 日
	咸鏡北道	〃	147 日
大和堆──→	咸鏡北道	〃	65 日
	咸鏡南道	〃	115 日

となつている。

(Ⅶ) 放流地 太平洋側

此の方面の放流尾数は甚だ少い。

(i) 茨城県下（豊浦町川尻の定置網）の放流魚3尾は前述通り，当日既に北方の定置網で1尾，翌日福島県南端の定置網で2尾再捕されたが，外に再捕記録はない。

(ii) 千葉県下では1月と7月に2回放流されただけであるが，1月のものは5月・6月に，7月のものは 10 月に，合計4尾再捕されただけで，再捕日数は 102～148 日の中間期に入る。再捕地は全部放流地の千葉県である。

(iii) 三重県の放流魚の再捕は3尾，全部同県内で，1尾は短期（1日），他の2尾は満1年（321，444日）である。

(iv) 高知県の放流魚は1尾だけ和歌山県下で 37 日後に再捕された。

(v) 鹿児島県南部の放流魚はその附近で 49 日後に再捕された。

以上サバでは太平洋側の放流魚の移動は小さいが，ブリでは熊野灘から三陸へ，紀伊水道から相模湾へ，或は相模湾から土佐湾へ等仲々広範囲の移動が見られる。但し日本海ではサバの方が移動が顕著である。此の太平洋のサバの移動の小さい事は，放流数の少い事によるものか，或は表層魚のサバと岸伝いに下層を游ぐブリとの魚道の相違に基くものか，之だけの資料では何とも説明が出来ない。

要　　約

(1) 日本海の本邦側では，北海道から島根県下に於いて 11,287 尾が放流され，再捕率が 0.92%，朝鮮側では放流 9,340 尾で再捕率が 0.51%，幾分本邦側より小さい。本邦太平洋側では放流数が少く 999 尾，再捕率は 0.80 % で，本邦日本海側と大差ない。外に日本海中央部で 2,516 尾の放流があるが，再捕率は 0.32 % でかなり小さい。

(2) 放流日から再捕日迄の間隔を再捕日数と呼ぶ。今再捕日数を 10 日宛に区切つて，その間の再捕数を比較すると，41～50 日の 10 日間の再捕数が最大値 13 尾であり，ブリの場合放流直後数日間の再捕が非常に多いのに，サバでは再捕日数 1 日のものが 7 尾で稍多い丈け，0～10 日の再捕数は合計 10 尾に過ぎない。

(3) 再捕日数 200 日前後のもの甚だ少く，290～380 日（満 2 年前後）のものは頗る多く 0～100 日の再捕数に近い。満3年前後にも再捕は幾分多く，再捕日数の最大は 1,074 日（満3年）である。

(4) 再捕日数を 10 日宛に区切り，その間の再捕数 n を再捕日数 t に対して図示して見ると，

$$n=5\times10^{-0.0017t}$$

と形となり，再捕の減少率（10 の冪数）はブリの場合と同じ −0.0017 で表わしてもあまり無理ではない。

（5） 日本海朝鮮側の魚道は，春から夏に北上し，秋から冬に南下するが，南下して朝鮮海峡へ達したものは翌年朝鮮側を北上するものと，本邦側を北上するものと両方がある。

（6） 日本海本邦側を北上するものは，本州に沿うて近海を北上するものの外，夏季島根県隠岐の西側から北西に進んで朝鮮の江原道へ達するものが仲々多く，又，日本海中央部大和堆方面から直ちに北鮮（咸鏡北道）へ到達する魚道が明かになつた。

（7） 日本海本邦側でも，晩春から夏季には北上し，秋には南下するが，1 年以上経過した再捕魚では，放流点より南方で再捕されるものが非常に多い。即ちサバは高年魚程南方に移る事になる。

引　用　文　献

1） 木村喜之助　標識放流試験より見たるブリの移動　水産試験場報告　第8号　1937.

2） 丸川久俊・神谷尚志　重要魚の標識放流成績　水産試験場報告　第1号　1930.

3） 水産試験場　海洋調査要報　第 41 報（1929）～第 70 報（1942）.

4） 片山　年　サバ漁業 水産社 1940.

佐渡沖冷水域の海洋學的性状—I.

下村敏正・宮田和夫
（日本海区水産研究所）

On the Oceanographic Character of the Low Temperature Region off Sado Island – 1.

Toshimasa SHIMOMURA and Kazuo MIYATA

1) Several low temperature regions, which play big roll in fisheries, were found in the Sea of Japan during the simultaneous observation conducted in the summer (late July to early August) of 1591. This paper deals with the oceanographic character and the year-to-year shifting of the locations of these regions, especially the one located off Sado Island.

2) The results of the above observation indicate that within the low temperature region off Sado Island the water had the intermediate character between the water cold and the warm ocean currents distribution in the adjacent areas, and that the surface water of the cold current from the north was laterally mixing in this region with the subsurface water of the warm Tsushima Current from the south. As the bottom water of the Sea of Japan has been considered the mixture of these two waters, this region may be said to be one of those regions where the surface water of the cold current is converted into that bottom water. In that it is caused by the lateral mixing of two currents, this low temperature region differs from other similar regions in the Sea of Japan or off Kii Peninsula which are caused by the upwelling of the deep water.

3) Owing to the presence of this mixing region, the subsurface water of the Tsushima Current is deprived of much of its original properties in the north of Noto peninsula.

4) The location and the degree of development of this mixing region depend on the fluctuating strengths of the cold and the warm currents, and therefore are subject to considerable seasonal and annual variations. There are some indictions that it is best developed in spring.

はしがき

日本海の対馬暖流は3つの分枝（Fig. 1; 水路要報，1950. 3月）よりなり，これらは能登～入道埼間で合流して北上するが，この内朝鮮東岸を北上する第三分枝は，$N\,40°$ 線附近を東流して寒流系水と極前線を形成する。この極前線以南の暖流々路に当る若狭湾・佐渡等の沖合においてしばしば冷水域が発達することは 須田(1932)・宇田(1934)・山中(1951)等によつて指摘されている。このような沖合冷水域の発達の程度・時期等は日本海漁業に甚大な影響を及ぼすものであり，これらを系統的に追跡することは漁況予察上最も重要な課題である。特に能登～佐渡沖の冷水域は早春の候によく発達する。一方能登以北の日本海では最も重要なイワシ・サバ・イカ等の漁期も又春からであるため，この冷水域の時期的の消長は北部日本海の漁況に甚大な影響を及

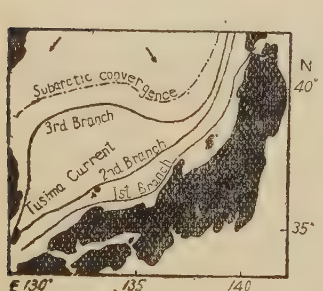


Fig. 1 Schematic representation of the ocean currents in the Sea of Japan.

1953 年 4 月 30 日受理（印刷費負担）

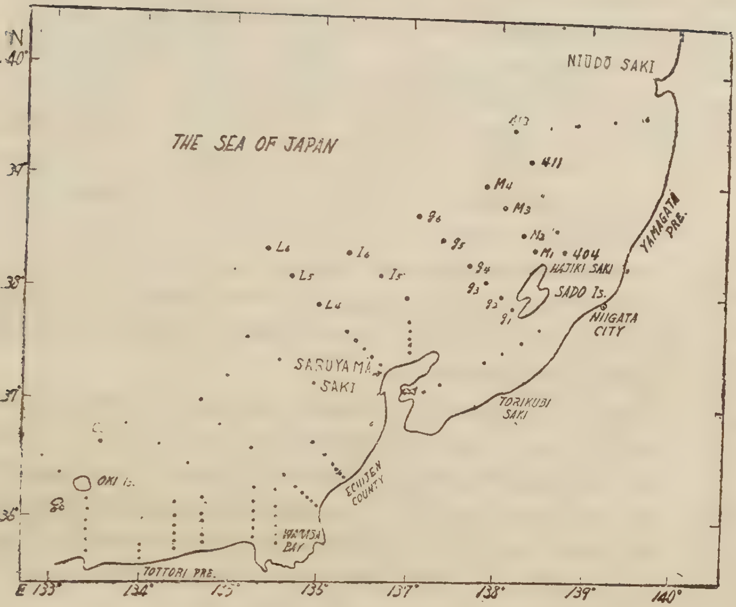


Fig. 2 Map showing the observating stations in the summer (late July to early August) of 1951.

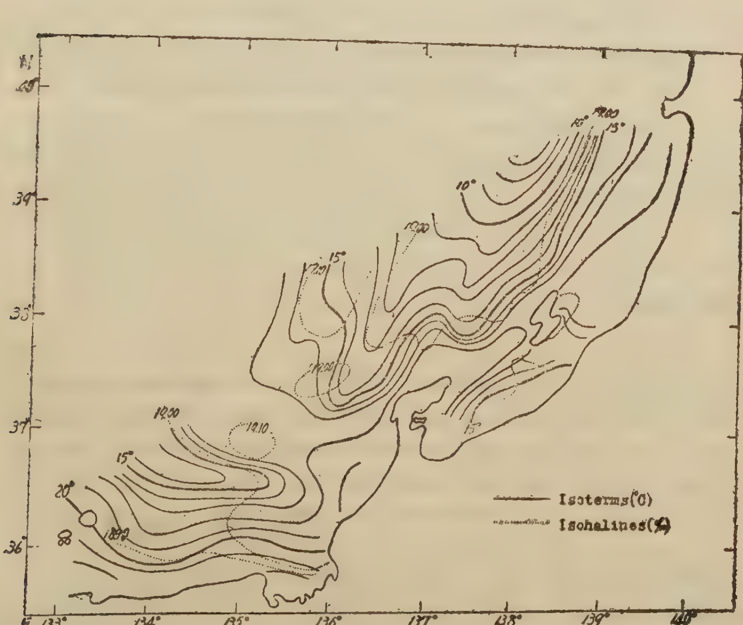


Fig. 3 Horizontal distribution of temperature (°C) and chlorinity (‰) at 50 m layer.

ぼすものであるが，ここにはまず一応の海洋学的性状について発表することとする。すなわち本稿は，第3回日本海海洋調査技術連絡会の決議により，鹿児島～北海道の対馬暖流全域にわたり，日本海区水産研究所，外15機関により，1951年7月下旬～8月上旬に実施された対馬暖流々域一齊調査の資料を用いて，その当時発達存在していた冷水域，特に佐渡沖の冷水域について，その性状を明らかにし，更に既往資料によつてその変動を比較検討した。

日本海冷水域の一般的性状 Fig. 3 は Fig. 2 から求めた 50 m 層の水温 (°C)・塩素量 (‰)を示す。すなわち 15°C 以下 18.90 ‰前後の低温・低鹹の冷水域は，隠岐東方・佐渡北方・鳥ヶ首崎沖・入道崎沖の4箇所にあり，いずれも 15°C 等温線附近において著しい不連続線を形成しているが，この不連続線を境にして鳥取沖・越前沖・山形沖の3暖水域と若狭沖佐渡沖・鳥ヶ首崎沖・入道崎沖の4冷水域に大別される。今各海域の性状を見るため，各海域の代表点における T-Cl 曲線を画くと Fig. 4 となる。宇田 (1933) は日本海の

T-Cl 曲線について南部暖水型・北部寒水型・中間型の3型式に類別しているが，Fig. 2. Fig. 4から南部暖水型は $St.C_4$・$St.404$ に見られるごとく上記暖水域内の諸点に限られ，いずれも上層水（25°C 内外，18.80‰ 以下），中層水（10～20°C，18.00～19.20‰），下層水（1°C 以下，18.80～18.87‰）の3層から成り，対馬暖流系水であることを示す。北部寒水型は $St.21$・St 412 に見られるもので，入道埼沖及び北海道以北の冷水域においてのみこの型があつて，上層水（19°C 内外，18.70‰ 内外）・下層水（1°C 以下，18.80～18.87‰）の2水塊から成り，寒流系水であることを表わしている。一方中間型は $St.35$・$St.411$・$St.I_5$ のごとく佐渡沖とそれ以南の諸冷水域内の観測点において見出される。すなわち，下層水（1°C 以下，18.80～18.87‰）は前2型とほとんど全く同一で，いわゆる日本海固有底層水であるが，上層水（20°～25°C，18.80‰ 以下）・中層水（10°C 内外，18.90 内外）は，暖流表層水，或は暖流中層水と寒流表層水との中間的性状を持つ。

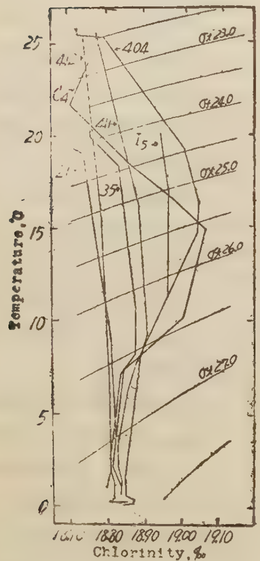


Fig. 4 Temperature-chlorinity diagrams for representative stations (July-August, 1951)

以上のように冷水域内の水塊組成が，寒暖両流の中間的性状を有すると言うことは，本土側の日本海固有底層水は，融氷によつてシベリア海域に生成された寒流表層水が，暖流中層水下に潜流したものである（須田，1932・宇田，1934）から，この2者の水平或は垂直の混合にその原因を求めることができよう。換言すれば暖流中層水が寒流表層水と混合して変成したか，又は暖流中層水が日本固有底層水の湧昇流によつてこれと混合変成したものであると見ることができる。

混合による暖流中層水の変成　まず垂直安定度によつてその渦動の状態を見よう。

佐渡沖海域について，各測点の垂直安定度 $10^3 E=d\rho/dz-500$ を計算すると，下表より $10^3 E=4000$ 以上の点は，I_5・g_4・g_5・g_6・M_1・M_2・M_3・M_4 の諸点である。I_5 は $\rho=1.025$ 以浅の表層近くにおいて 5380 の最高値をもち，$\rho=1.025$ 以深では比較的小さい。すなわち，この附近の強い湧昇流の存在を示す。同様に表層附近に最大安定度 4000 以上を持つのは，g_4・g_5・g_6・M_2 の諸点で，それ以深は比較的小さくなつている。又 St. M_1 は $\rho=1.025$～1.026 で最大安定度を示すが，

St. No. / ρ	L_4	L_5	L_6	I_5	I_6	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	M_1	M_2	M_3	M_4
1.024 >	—	—	—	3000	2800	—	4500	4500	—	—	—	1500	—	—	—
1.024～1.025	3350	2360	3500	5380	3200	3000	1420	3350	[illegible]	4400	—	2140	4500	4500	[illegible]
1.025～1.026	1460	2130	1500	1200	1680	1500	2000	2630	[illegible]	4500	4270	5050	3070	3850	[illegible]
1.026～1.027	690	650	540	690	750	1940	2280	2840	1460	1500	1393	760	2360	4770	[illegible]
1.027～1.028	520	220	540	300	590	590	1110	500	530	610	610	580	450	340	280
1.028 <	—	—	—	—	—	—	150	100	110	140	330	—	—	50	140

表層より著しく深い所にあり，表層附近は収斂性を有し，下層は海底傾斜による湧昇流を示している。

次に暖流中層水の水平的拡散混合の度合によつて寒流表層水の混入を見よう。今 σt 面を考えると，この面上に沿う水の混合は容易であるから，σt 面上の塩素量の変化は，ある固有の塩素量をもつ水が，水平混合によつて変化を受けた程度を示すものに外ならない。Fig. 4より暖流中層水の中心部は，およそ $\sigma t=25.50$

の所にあり，中層水の最大塩素量は 19.10‰ である。一方寒流系水は，σt＝25.50 面では，18.80‰ 前後である。今前者を 100 とし，後者を 0 として，σt＝25.50 面上の塩素量の分布を見る（Fig. 5）。そうすると，100% 以上の純暖流系水は鳥取沖及越前沖暖水域と能登西岸に見られる。鳥取沖及越沖暖水域は対馬暖流の第一及第二・第三分枝を表わしいずれも 100% 以上に達する。能登西岸は 100% 前後でこの第一・第二分枝の合流点と考えられる。0％以下の寒流系水は入道埼沖合にある。そして暖流中層水 50% 以下の区域は前述の各冷水域を示している。この 50% 以下の冷水域について見ると，佐渡沖冷水域は 0％ の寒流域から舌状に南下し，佐渡弾埼北 20 浬及能登猿山岬北西 40 浬の点では 40％で その周囲より著しく低い。これは湧昇流による混合が大きいためである。また隠岐沖冷水域は若狭湾にまで及んでいるように見えるが中心部は 44% で猿山岬沖と同じように非常に狭いことは多分に湧昇流による混合が大きいと見てよい。これに対して佐渡沖冷水域の特徴は寒暖両流の水平的な混合によつて生成されたものである。更に 75% 以上の暖流域について検討すると，暖流は沖合・沿岸の 2 派が能登半島に合流し，北上する経路が判然としている。そして能登半島を境にして，北方では 100 ％ 以上の純暖水系は全く消失し，北上するに従つてしだいに寒流性水の混合を加え，入道埼附近では沿岸で 80% 前後に減る。かく能登半島を境にして，北方暖流中層水が変成することは，須田（1932）の結果と一致するが，以上から，対馬暖流は北上するに従つて，しだいに拡散混合率を高めて行くこと，1951 年夏の佐渡沖冷水域は寒流性表層水が暖流下に潜流する一つの経過海域であることが分る。

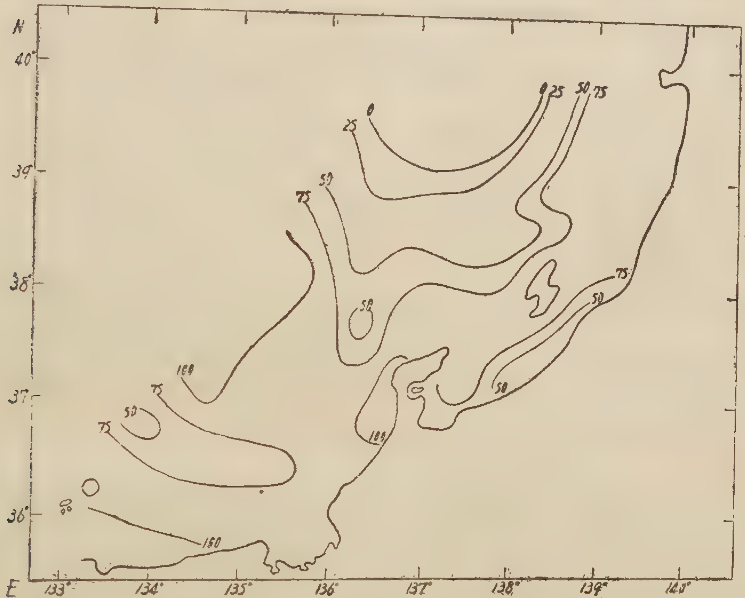


Fig. 5 Percentage ratio of the surface water of the cold current in their lateral mixing, as inferred from the chlorinity distribution on the $\sigma t=25.50$ surface.

佐渡沖冷水域の経年変化 1951 年夏の佐渡沖海水は，一つの経過海域であることを述べたが，かかる冷水域は，季節或は年による消長変動が大きい。今暖流中層水と日本海固有底層水との接触面，すなわち第二不連続面（σt＝25.75）は寒暖両流の接触面（極前線）の延長であり，この σt 面の位置は冷水域の範囲を示す。又 σt＝25.75 面は塩素量の垂直変化が日本海では，水温に比べ非常に小さいから 5 °C 等温面をとつて考えてもよい。一方佐渡海域では暖流中層水は大体 100 m 層にその中核を持ち，寒流表層水或は日本海固有底層水と，σt＝25.75・5 °C の線で不連続面を形成する。すなわち，100 m 層における 5 °C 線の地理的変動は，暖流中層水と寒流系表層水との接触面一亜寒帯収斂線の地理的変動を，更には冷水域勢力の消長をも示すことになる。今 1948 年から 1951 にわたる 100 m 層における 5 °C 線の地理的変動を見れば Fig. 6 となる（日水研・水路部・青森・秋田・山形・新潟・富山・石川水試の観測値による）。年により季節により変ることが分る。すなわち 1949 年からしだいに勢力をまし，1951 年に最も強く南下している。

又，季節的には春から夏にかけて発達するが，このことは次表からも断定される。下表は 1919～39 年の 21 年間（海洋調査要報，第4～65 報）において，佐渡沖冷水域の影響の大きい弾埼 *NW* 50 浬の点の 150 m 層が 5 °C 以下になる月別頻度を示す。

又，能登以北の沿岸水温も本冷水域の強勢な年は低温に経過し，沿岸漁況に対しても大きな影響を与える。

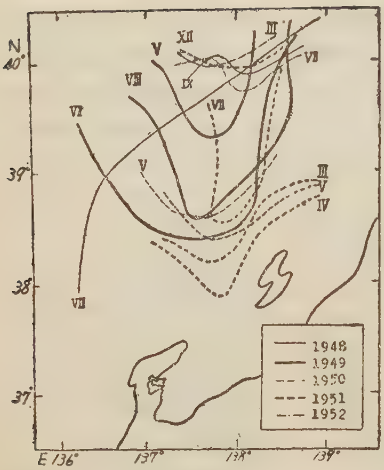


Fig. 6 Geographical variation of 5°C isotherms at 100m layer off Sado Island during 1948-1952.
(Roman numerals denote month in each year.)

月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10月	11月	12月
観 測 回 数	—	—	3	9	12	17	11	10	6	6	3	2
頻 度	—	—	2	4	5	8	5	4	2	2	0	0

引 用 文 献

1) 須田晥次，(1933). 日本海の底層水について（予報）。海洋時報 **4**（1）.
2) 須田晥次・日高孝次他，(1933). 第三回日本海主要部海洋観測報告. 海洋時報 **4**（1）.
3) 宇田道隆，(1934)・(1936). 日本海及びその隣接海の海況・水産試験場報告 **5** 及び **7**.
4) 海上保安庁，(1950). 昭和 23 年夏の対馬海流及び宗谷海流々域の海象. 水路要報。増刊号.
5) 日本海区水産研究所，(1951). 昭和 26 年夏対馬海流域一齊観測結果.
6) 山中一郎，(1951). 昭和 24 年春～夏の日本海々況 Ⅰ・Ⅱ，日本海洋学会誌 **6**（3）.
7) 海上保安庁，(1951). 昭和 25 年 8 月・9 月における日本海の海象. 水路要報 **23**
8) 海洋調査要報. **4～65** 大正 8 年 6 月—昭和 15年 7 月.

The Cycles of Phosphorus and Nitrogen in Tokyo Bay

Yoshihiro MATIDA
(Freshwater Fisheries Research Laboratory)

Theoretical treatment of the distribution and seasonal changes in the contents of nitrogen and phosphorus have generally been limited to the case of oceanic water. The similar treatment, however, is difficult in the case of coastal water. The difficulties may probably be due to the facts that the coastal water is rich in organic matter and that a condiderable part of it is in the form of dissolved organic substances.

Some explanations on the seasonal changes in the contents of nutrient salts in Tokyo Bay have been forwarded from the results that the nitrogen phosphorus ratio in such waters was found to be the same as that in oceanic water.

Results and Discussions

According to Suda (1929), Tokyo Bay is divided into two regions from hydrography and geography; The inner part, north of Kannonsaki— Futtusaki line, and the outer part, called Uraga Suido, the region within the two lines Zyogashima— Sunosaki and Kannonsaki — Futtusaki (Fig. 1). The area, volume, and average depth of the former are 1,187 km^2., 16.6 km^3., and 13.9 m., respectively, and those of the latter are 467 km^2., 71 km^3., and 152 m., respectively. From Fig. 2, prepared from the data obtained by monthly observations (Central Fisheries Station of Japan 1948—49), the hyrographical division of the Bay was ascertained and the mixing of coastal and oceanic waters was recognized at the junction of the two regions. The surface currents in Tokyo Bay are shown in Fig. 1 (Suda, 1929), and the distribution of average chlorinity of monthly observed data suggests the possibilities of the presence of these currents (Fig. 3).

From the vertical stability calculated and the isoplet diagram of chlorinity, it was estimated that the water of the inner part was thoroughly mixed from surface to bottom in winter. Annual variations in tempeature at different depths in the station 29 is shown in Fig. 4. In winter the water from surface to 50 m. was thoroughly mixed and in summer the water below 100m. showed the lowest temperature. The latter fact may bedue to the upwelling of cold deep water. The remarkable increase of phosphate content may be assumed to support the presence of the upwelling.

The seasonal change in the average amount of phytoplankton collected at various

Recieved April 30, 1953. (印刷費負担)

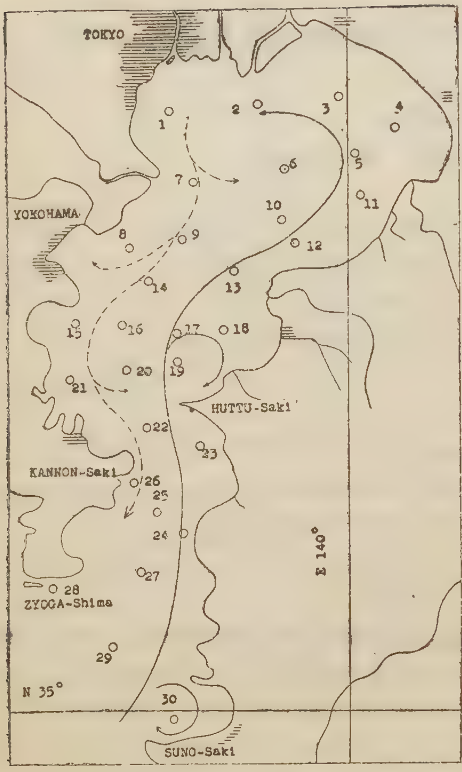


Fig. 1 Surface currents in Tokyo Bay. ○ and number denote the observed station and station number, respectively.

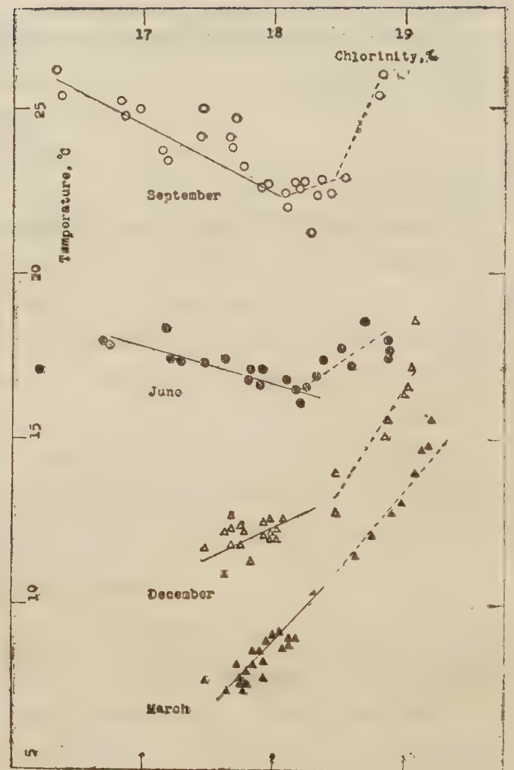


Fig. 2 T—Cl diagram of 5 m layer in Tokyo Bay. Solid line denotes the inner part. Dotted line denotes the Uragasuido.

points in the inner part of the Bay is shown in Fig. 5. There should be some interrelation between the seasonal changes in the amounts of plankton and that in the contents of nutrient salts. In the following paragraph, qualitative interpretations will be given on the seasonal changes and on cycles of nutrient elements.

1. On the ratio of nitrogen and phosphorus.

In the deep water of ocean the atomic ratio of nitrate nitrogen and phosphate phosphorus is 16: 1 and the ratio of nitrogen and phosphorus in plankton is the same (Sverdrup, Johnson, and Fleming, 1942). Since in deep water almost all of nitrogen and phosphorus are in the forms of nitrate, and phosphate, it may be considered that the ratio of nitrogen and phosphorus in oceanic water would be 16 : 1.

The sum of nitrogen content in various forms and total phosphorus content in the water of the Bay were determined, because the coastal water contains abundant organic compounds. Some of which are containing nutrient elements. Some examples are shown in Tables 1 and 2. The results indicated that the mean ratio of nitrogen and phosphorus in the Bay is 7.4 (in weight), or 16 (in atom number), the confidence

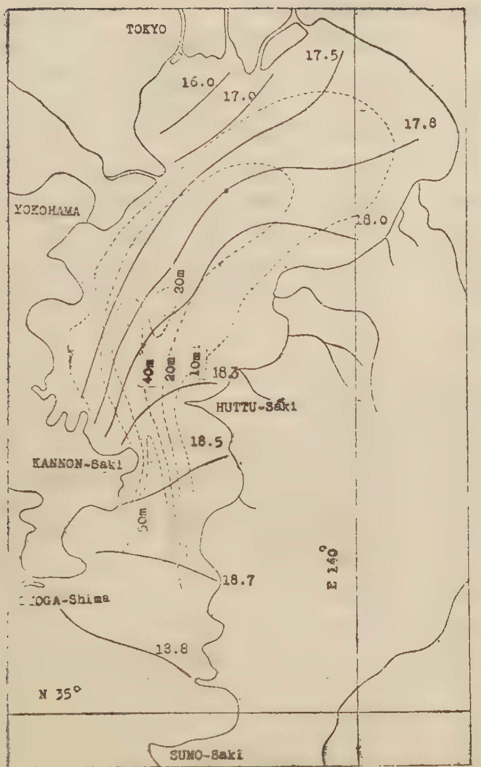


Fig. 3 The average distribution of chlorinity for all year round. Unbroken line denotes the isochlorinity line of surface. Broken line denotes the contour line of Tokyo Bay.

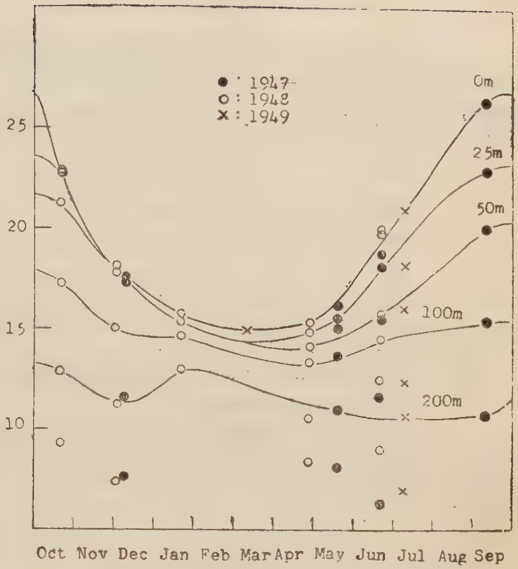


Fig. 4 Annual variation in temperature at different depths in Uraga Suido.

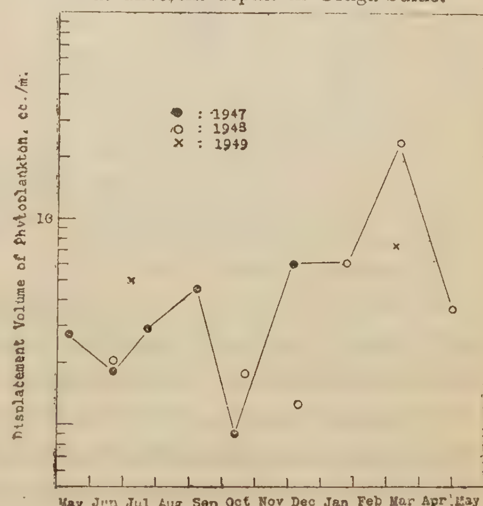


Fig. 5 Seasonal change in the amount of phytoplankton.

limits of the value being 8.5 and 6.3 in weight ($\alpha=0.05$). In the case represented in Table 1 organic nitrogen was not detected but, on the other hand, 90 % of phosphorus was found in organic matter.

2. The cycles of phosphorus and nitrogen in the inner part of Tokyo Bay.

At. station Nos. 2, 5, 10, 14, and 19, the annual changes in nitrogen, phosphate phosporus, the atomic ratio of total inorganic nitrogen * and phosphate phosphorus, and the atomic ratio of nitrate nitrogen and phosphate phosphorus are shown (Fig. 6). The values concern the quantities in a water column under 100 cm^2. surface **.

* Sum of nitrogen in nitrate, nitrite, and ammonium. Represented by ΣN.

** Analytical methods used in the present study were in accord with the ordinary methods (MIYAKE, 1949).

Table 1. Contents of nitrogen and phosphorus. [1]
Unit : γ/1. Station : No. 14. Date : Oct. 1949.

Depth m.	NO_3^--N	NO_2^--N	NH_4^+-N	Org. N	$PO_4^{\equiv}$-P	Org. p[2]	ΣN	Tatal P	N/P [3]
0	195	6.0	150	0	4.0	66.0	351	70.0	5.0
5	189	8.8	355	0	14.0	66.0	554	80.0	6.9
10	290	14.7	299	0	9.8	67.2	600	77.0	7.8
20	348	12.9	325	0	6.0	72.0	690	78.0	8.9
32	410	10.8	105	0	14.4	60.6	530	75.0	7.1

1) Mean of duplicate analysis.
2) Total phosphorus minus phosphate phosphorus.
3) N/ (Total phosphorus).

Table 2. Contents of various types phosporus.
Unit : γ/1. Station : No. 14. Date : Oct. 1949.

Depth m.	I	II	III	IV $PO_4^{\equiv}$-P	V	VI	VII
0	70.0	70.0	70.0	4.0	66.0	0.0	0.0
5	80.0	80.0	67.5	14.0	53.5	12.5	0.0
10	77.0	77.0	69.1	9.8	59.3	7.9	0.0
20	78.0	76.3	72.5	6.0	66.5	3.8	1.7
32	75.0	75.0	75.0	14.4	60.6	0.0	0.0

I : Untreated sample.
II : Filtered through Toyo 5 C filter paper.
III : Filtered through a sintered glass filter, inside coated with 3 % collodion.
V : Total-P (III) minus $PO_4^{\equiv}$-P.
VI : Total-P (II) minus Tatal-P (III).
VII : Total-P (I) minus Total-P (II).

From Fig. 6, the following phenomena were observed : (1) The contents of nitrate and phosphate reached a minimum in spring on the contrary the maximum growth of phytoplankton was shown in spring. The station No. 2, located near the mouths of rivers, was exceptional. (2) The ratio of nitrate nitrogen and phosphate phosphorus showed a minimum in spring. (3) The ratio of total inorganic nitrogen and phosphate phosphorus showed a maximum in spring.

If the ratio of the absorption velocities of nitrogen and phosphorus by phytoplankton is 16 : 1 in atom number, and if the velocity of the regeneration of phosphate is slower than that of inorgananic nitrogen, $\sum N$, the ratio of $\sum N$ and phosphate phosphorus may become maximum in spring. If it is also assumed that nitrate nitrogen is selectively consumed by phytoplankton, and further, that the oxidation of nitrogen decrease during winter to early spring, the minimum in the ratio of nitrare nirrogen and phosphate phosphorus in spring may be explainable.

3. **Some remarks on the distributions of nitrate and phosphate in summer.**

The contents of nitrate, nitrite, ammonium, and phosphate at each station were

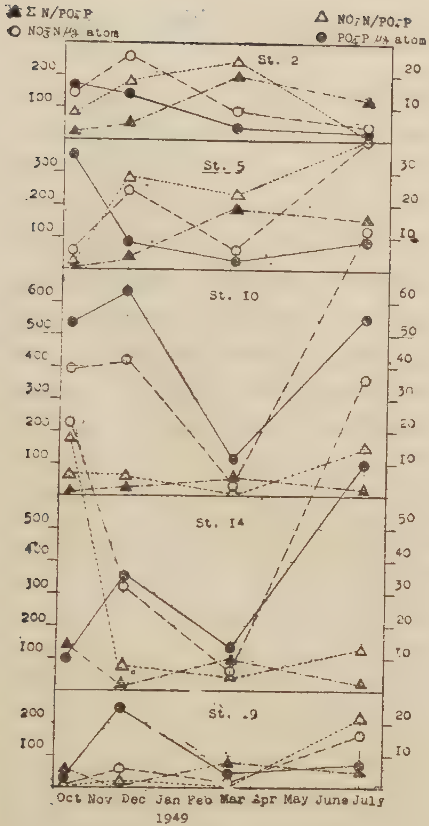


Fig. 6 Annual changes in the contents of nutrient Salts.

determined in July 1948. The results are shown in Fig. 7. The lines A and B are expressed by the following equation:

$$\log(NO_3^- \text{-N})/(PO_4^{\equiv}\text{-P}) = a + b \times \log(\sum N)/(PO_4^{\equiv}\text{-P}),$$

where a and b represent constants.

The fact that nearly all of open circles (○) in Fig. 7 located on the light side of the line

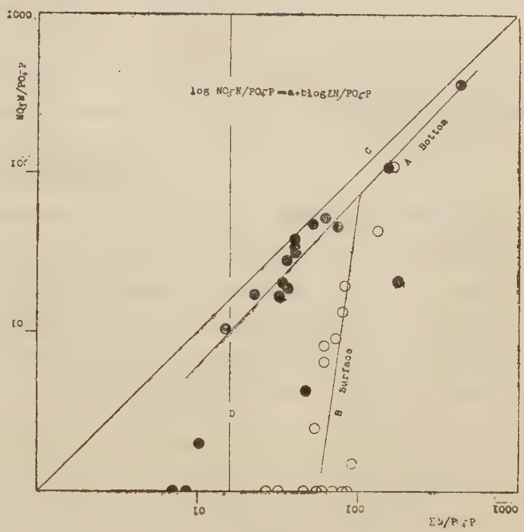


Fig. 7. The relaion between NO_3-N/PO_4-P and $\sum N$/PO_4-P of surface and bottom layers in summer.

D which represents the relation $\sum N/PO_4^{\equiv}\text{-P}=16$ indicates that in the surface layer inorganic nitrogen phosphate phoshorus ratio is larger than 16 in atom number at every station. Distriburion of nearly all of the solid circles (●) along the C line which represents the relation $\sum N = NO_3^- - N$, and on the light side of the line D indicates that in bottom layer (1) nearly all nitrogen exits as nitrate and (2) $\sum N$ is larger than the value calculated by using the relation N/P=16. This fact may be explained by assuming that only decomposition or oxidation of the matter containing nitrogen and phosphorus takes place in the bottom layer and by assuming that the regeneration velocity of inorganic nitrogen is larger than that of phoshate*.

In the surface layer, the ratio of nitrate nitrogen and phosphate phosphorus was less than 16, while the ratio of $\sum N$ and phosphate phosphorus was larger than 16. It may be reasonable to consider that the former fact suggets the selective consumption

* In the coastal region, precipitation of phosphorus with mud should be considered.

of nitrate and the latter, the regeneration velocity of nitrogen is higher than that of phosphate.

The tangent of line B in Fig. 7 is larger than that of line A. This may be due to higher oxidation velocity of nitrogen in the surface layer than in the bottom layer.

The term ($PO_4^{\equiv}-P$) in the equation of line B could not be cancelled, because the tangent b was not equal to unity. This may suggest that phosphate is necessary in the assimilation of nitrogen by phytoplankton. Then, in the study of the assimilation of nitrogen by phytoplankton, the interaction of nitrogen and phosphorus should be taken into consideration. The writer wishes to express his heartfelt thanks to Dr. M. Migita, Dr. Y. Miyake, and Dr. T. Hanaoka for their valuable criticisms and suggestions. Especially must the writer express his gratitude to Prof. M. Tauchi and Prof. H. Goto for their encouragements in the course of this work.

References

Central Fisheries Station of Japan, [Report of Oceanographical Observations of Tokyo Bay], (1948—49).

Y. Miyake, [" Water Analysis (Japanese)"], (1949). Tokyo.

K. Suda, *J. Oceanogr. Imp. Observ.*, Kobe, Japan, **3** (1929).

H. U. Sverdrup, M. W. Johnson and R. H. Fieming, "*Oceans, Their Physics, Chemistry and General Biology*", pp. 234—246 (1942). New York.

On the Convergence and Divergence in the NW Pacific iu Relation to the Fishing Grounds and Productivity

Michitaka UDA
(Tokyo University of Fisheries)

Basing on the oceanographic charts obtained by the present author the semi-permanent boundaries of the water masses in the NW Pacific adjacent to Japan[1)2)] i,e, the Coastal Front, Kuroshio Front, Warm Front in the Japan Sea, Subtropical Convergence, [3)] Equatorial Counter Front, [2)] Continental Front are shown in addition to the temporary fronts of the isolated cold water masses in the South Sea of Japan. In general, the hydrological consideration on fishing grounds distinguishes the following kinds; (1) those produced by the accumulation of planktonic livings and fishes in compressed zone of optimum water temperature due to convergence, (2) those produced by the production of marine organisms due to the upwelling of nutrients, and (3) the combination of (1) and (2).

For example, the skipjack fishing ground[3)] in the boundary zone of Kuroshio and the Pacific Saury fishing ground[3)] near the Oyashio front belong to (1). The fishing grounds of sardine[4)], squids, yellow-tail, blue-fin-tuna[2)], mackerel etc. belong to (2) which indicates the dense concentration near the coastal front. And the fishing grounds of albacore[2)], whales etc. belong to (3). The fishing grounds in the eddies around the island (ex. Tsushima mackerel and Hachijo flying fish) and the fishing banks as for skipjack, tuna and mackerel may be considered as the varieties of (2) which correspond to the Nathansohn's theory. The offshore upwelling areas of cold deep water due to the cyclonic eddies in the northern hemi-sphere or due to the submarine topography (banks, ridges, canyons, shelf margin etc.) are associated with the albacore fishing grounds. The convergence coupled with the divergence (upwelling)[1)] should be noted as the sink and source of vortices in the hydrodynamical pattern in analogy of banks to the doublet in the general current. Since the intensity of upwelling can be denoted relatively by the area of cold water mass at its hydrographic section, it is better indicated by the abundance of nutrients or planktons. In the case of (2) the carbon assimilation by the active process of photosynthesis by marine plants results to the rich production of oxygen[5)6)] which shows the excess of the dissolved oxygen in the upper layer to the compensation depth (about at 100 m.), $\varDelta O_2 = 100\frac{O_2}{O_2'} - 100$.

Received May 7. 1953. (印刷費負担)



Fig. 1. Distribution of $Q=\sum_{0m}^{25m} \Delta O'_2 \cdot \Delta z$ and $\Theta=\theta_{0m}-\theta_{100m}$ ・(Dif・of Water Temp.) in July-Aug. 1935.

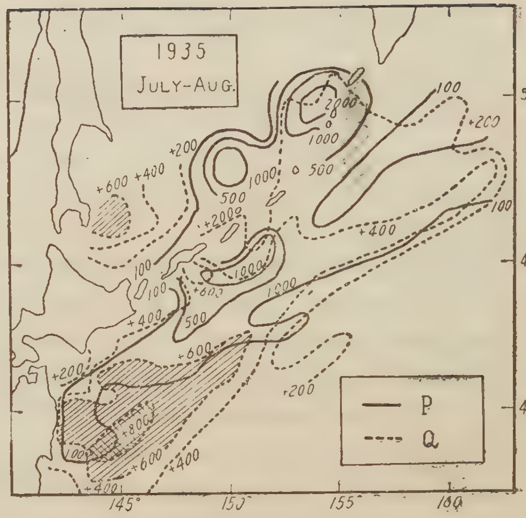


Fig. 2. Distribution of P=Indiv. No. of phyto-pl・(10^3)in 0—50 m・haul and $Q=\sum_{0m}^{50m} \Delta O'_2 \cdot \Delta z$ in July-Aug. 1935.

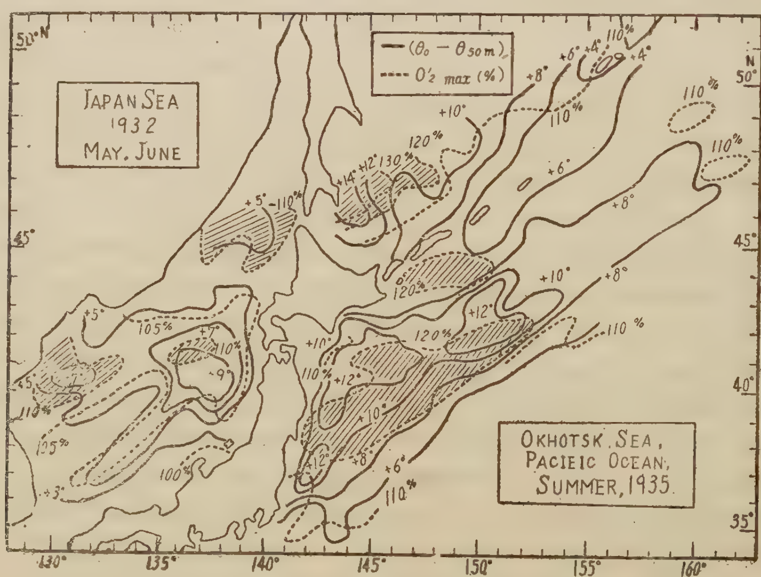


Fig. 3. Distribution of $\Theta=\theta_{0}m-\theta\,50m$ and O'_2 max. (%).

Accordingly the integrated value of super-saturation of O_2 in the water column of an area $Q=\int\int \Delta O_2' dz \cdot dA$ may be taken as a measure of the productivity which varies in proportion to the quantity of the marine organism P. In the resting water

area the excess of oxygen saturation due to the plankton population Q_0 is considered as the product of the solar intensity ($I = I_0 \sin \omega t e^{-mz}$) and the supply of nutrient salts $N = N_0 \cos(\omega t + \alpha) z^n$ which is inversely proportional to the convectional and turbulent mixing[7),8)] i. e. to the vertical stability of sea water. Simply we may put $Q_0 = kIN = \frac{kI_0N_0}{2} \sin 2(\omega t + \alpha)$ which shows the semi-annual maximum in spring (April-May) and Autumn (October-November).

In general we should take the horizontal mass transport by the oceanic current in consideration. The data of O_2 % obtained by the simultaneous surveys in the Japan Sea (May-Jun, 1932 and October- November, 1933) and in the Pacific (Aug. 1933 and July-Aug. 1935) indicates the especially rich distribution of O_2 % near the frontal zone presumably due to the aeration by the horizontal mixing of water masses. Accordingly we may put $Q = Q_0 + Q' \propto$ productivity (P).

Hence we plotted the distributions of the O_2 % max. and its depth, $\sum_0^{25m} \Delta O_2' \Delta z$, $\sum_0^{50m} \Delta O_2' \Delta z$, plankton contents (cc), individual number of phytoplankton, $\theta_{0m} - \theta_{50m}$, $\theta_{0m} - \theta_{100m}$, transparency (m) (eg. Fig. 1,2,3.). The prosperous photosynthesis in the euphotic zone (O_2 % max.) is found at a depth of 0—50 m. and most frequently near the depth of 25 m.

Inspecting them, we can remark the following results:

(1) The high concentration of Q (the region of Q max) in the NW Pacific distributes in 4 masses (a), (b), (c), (d) near the zone of the maximum horizontal gradient of water temperature on the sea surface, and the depth of 50 m i. e. along the frontal zone, (a) The sea-region off Kinkazan corresponding to the great fisheries grounds of skipjack, pacific saury, whales etc. and to the swarming zone of the feeders such as squid, sardine, euphausia and copepods etc. (b) off Etorohu Is. of southern Kurile, (c) off Northern kurile in the Okhotsk sea, (d) off SE of Saghaline in the Okhotsk Sea.

(2) The abundant area of Q coincides prettily well the massive distribution of $\Theta \max = \left(\frac{\partial \theta}{\partial z}\right) \max$. (with respect to (a) and (b) in the maps of $\theta_{0m} - \theta_{50m}$, $\theta_{0m} - \theta_{100m}$.

(3) Both distribution of plankton contents and and individual number or phyto-plankton represent the distribution of P. In the mid-summer the area (b) centred off the Southern kurile and the area (c) centred off the Northern kurile in the Okhotsk Sea. The area (b) extends to Sanriku region and connects with (a).

(4) Combining the distribution map of P and Θ, we can approximate to the actual distribution of Q.

(5) In the Japan Sea the most abundant area of P, Q, Θ lies near the frontal zone and in the upwelling region i.e. (a) off Tsushima-Yamaguchi Pref. (South co-

ast in thy Japan Sea), (b)′ off North Korea, (c)′ North off Sado-Is (the most conspicuous region), (d)′ west off Hokkaidō.

Summarizing the above, we can recognize the cold northern waters (upwelling area) as the source of productivity in combination with the influence of the convergence area.

In conclusion the vertical gradient of water temperature θ in the euphotic zone such as the difference of water temperature $\theta_{0m}-\theta_{100m}$ or $\theta_{0m}-\theta_{50m}$ is proved to be the useful indicator or a measure for the marine productivity. Why does Qmax. correspond to the remarkable fishing ground ? It is considered that in the northern feeding migration the pelagic fishes are attracted to the densely concentrated belt of P and moreover in this sea-region the plankton population flourishes due to the abundance of Q. Therfore we may call P as the statical productivity and Q as the kinematical productivity.

References

1) M. Uda : Researches on "Siome" or Current Rip in the Seas and Oceans. *Geophysical Magazine* **11**, (4), 307—372, (1938).

2) M. Uda : Relation between the Variation of Fisheries Condition and Oceonogra. Conditions. *J. J. Tokyo Univ. of Fisheries.* **38**, 363—389, (1952).

3) M. Uda : Bull. Jap. Sc. Fish. **4**, (1936), **5**, (1936). **5**, (1937), **6**, (1938).

4) M. Uda : G. Okamoto. *J. Imp. Fish. Expt.* St. **7**, (1936).

5) H. U. Sverdrup : *The Oceans.* 766—798. (1946).

6) E. Kalle : *Deutsche Hydr. Zs.* **3**, (1950).

7) G. A. Riley : *J. Mar. Res.* **6**, 104—123, (1947).

8) R. H. Fleming : *J. du Cons.* **14**, 210—220, (1939).

湧水の溶存窒素ガス含有量

(魚類のガス病誘發原因としての窒素ガス過飽和溶存について)

松江吉行・江草周三*・佐伯有常
(東京大学農学部 *現在は広島大学水畜産学部)

On Nitrogen-Gas Contents Dissolved in Flowing Water of Artesian Wells and Springs
(Relating to High Supersaturation Inducing the So-Called "Gas-Disease" upon Fishes)

Yoshiyuki MATSUE, Shuzo EGUSA and Aritsune SAEKI

Many springs and flowing wells are distributed in northern vicinity of Odawara City, Kanagawa Prefecture. Throughout the four seasons, clear ground water is continually flowing out of every well and spring, supplying for domestic and industrial purpose.

Although the waters of this district are considered to be of good quality in their chemical properties, curious to say, fishes can hardly be kept alive in these waters. Fishes, when put into these waters just flowed out, soon fall in an unhealthy condition and can not survive long.

Gas contents were examined. Sufficient quantity of oxygen for the life of fish was proved to be dissolved in these waters, but nitrogen gas contents indicated abnormally high supersaturations.

After some experiments, we reached to the conclusion that the death of fishes in these waters must have been brought about by so-called "gas-disease" caused by the abnormally high supersatuation of the nitrogen dissolved in the ground water. Experiments also teach us that the supersaturation values of the nitrogen above 130 % in the water are fatal to fishes.

The gas-disease of fish is considered pathologically to be similar to the caison-disease and the diver-disease of man and give us many interesting and important problems for scientific investigation both from theoretical and applied point of view. EGUSA, one of the authors, is now studying the subjects and the results of which will be reported in near future.

In this report we will confine ourselves in the quantitative determination of the nitrogen gas in the flowing water of the distict. The summary is as follows:

1.) The flowing water of all of the fifteen artesian wells and two springs we visited and investigated showed the supersaturation of nitrogen gas. The values obtained ranged from 118 to 159 %, but were mostly above 140 % (Fig. 1. and Table 1.).

2.) It was observed that each well and spring has its specific supersaturation values of nitrogen stationary for a long period. The oxygen contents showed greater fluctuations compared with those of nitrogen (Table 3, 4 and 5.).

3.) Two artesian wells, the waters of which were also known to induce the gas-disease upon fishes, were found in other districts and their waters were investigated. Both wells showed very high supersturations of nitrogen (146 and 161 %), but very low values of dissolved oxygen (below 10 %) (Table 2.).

1953 年 5 月 29 日受理 (印刷費負担)

緒　言

神奈川県小田原市北方地域一帯には，広範囲に亙つて被圧地下水が存在し，自然に地下水が湧出している泉が各所にあり，また自噴性掘抜井戸も多数掘られている。良質の地下水が周年豊富に湧出を続けているので，家庭用水や工場用水として使われている。

昭和 15 年頃，ここの豊富な湧水に目をつけ，これを利用してアユ・マス等の養魚を行う計画がたてられたことがある。それは比較的小さいコンクリートの池を造つて，湧水を多量に流通させ，稠密な養魚を行うことによつて生産をあげようというねらいのものであつた。このような計画に基いて，何箇所かで実施にうつされたが，意外にも，何れの場所でも魚の斃死が起り，所期の成果があがらず，結局発展をみるに至らなかつた。

著者の一人，松江はその当時依頼を受けて，魚の斃死原因の調査に当つたが，湧水の無機成分には何の異常もなく極めて良質の水であること（既に精密な分析結果が出されていたので著者自身では改めて行わなかつた）魚はいわゆる“ガス病”または“気泡病”と呼ばれる特有の病的徴候を呈して斃死すること，湧水の溶存ガスの測定を行つたところ，窒素ガスが異常に高い過飽和で溶存していることなどがわかつた。これらの結果から判断して，魚の斃死は湧水中の窒素ガス過飽和溶存に原因する魚のガス病によるものであろうという推定を下した。そして，この推定の正しいことは，その後江草[1]によつて実験的に証明された。

したがつて，湧水を充分曝気することによつて，過飽和の溶存窒素ガスを放出さえすれば，養魚用水として用いて何の支障も起らない。養魚を計画した人達も曝気が有効であることには気がついていたようで，湧水中には何か有毒ガスが含まれているのではないかという疑いを持つた人もあつた由である。しかし，実際問題としては，上述のような様式の養魚計画であると，流水量が多いことが必要条件となるので，多量の水について簡単な曝気処理で，しかも短時間で過飽和の窒素を充分に放出させることは容易ではない。この曝気法と過飽和溶存窒素ガス逸出速度との関係は複雑であり，ここでは触れないことにする。

水中の窒素ガス過飽和溶存によつて起る魚のガス病は，病理学的には人間の潜水病や航空病と全く等しいものであつて，これに関しては学術上からも応用上からも，いろいろ重要な研究問題があるが，江草は現在もひき続いてこの研究を行つており，詳細な結果の報告は近くなされる予定である。

ここでは魚のガス病発生に関連して，昭和 17 年以来われわれが度々同地に出かけて，各所の湧水について溶存窒素ガスの測定を行つた結果だけをとりまとめて報告する。

溶存窒素ガス測定法

溶存窒素ガスの測定は WINKLER の原法に菅原[2]が改良を加えた方法によつて湧水現場で行つた。本法の原理は試水に大理石粒と塩酸とを加え，発生する炭酸ガスの気泡中に水中の溶存ガスを吸収させる。これをアルカリ液を通して炭酸ガスを溶かし，先ず窒素と酸素との和の容積を読み，次いでピロガロール液に酸素を吸収させ，残つた気体の容積を測定して窒素とするものである。この中には勿論アルゴン等も含まれる理である。

本測定法によつて溶存窒素ガスを決定する場合，特に対象が湧水などである時には次の二つの懸念が抱かれる。その一つは窒素とアルゴンとが果して空気中におけると等しい割合で含まれているかどうかということであり，他の一つはこれら2種の他に何か別の気体が混じて含まれているようなことがないかということである。ところが，その後名古屋大学の菅原教授が同地に赴いて，湧水中のアルゴン含有量を測定された結果によると，窒素ガスに対するアルゴンの比率は，空気中のそれと変わりない由であるから第一の懸念は解消した（同教授の談による）。

しかし，第二の懸念については簡単には確められない。ここでは一応窒素，アルゴンのみであると仮定して WINKLER[3] の表によつてその飽和度の算出を行つた。

調　査　結　果

（1） 湧水の溶存窒素ガス含有量の場所による相違

調査になるべく泉や掘抜井戸等が分布している全域に跨るように，いくつかの代表的な湧水を選んだが，合計 17 地点（Fig. 1）で行つた溶存窒素ガス含有量の測定結果が Table 1 である。溶存酸素の値も同時に得られるから，この結果もともに掲げた。



Fig 1.　Map of northern vicinity of Odawara City, Kanagawa Prefecture, showing the positions of artesian wells and springs investigated.

これからわかるように，湧水の溶存窒素含有量は，地点によつてかなり相違があるが，何れも 120 % を超える過飽和値で，しかも大部分は 140 % 以上であり，特に著しいものは 160 % に達する高値である。

江草[1] がコイ，フナ，ウナギ等を用いて行つた実験によると，水中の溶存窒素が 130 % の過飽和値を超えると，魚は短時日中に斃れるようなガス病を起すことが知られている。よつて，同地域の湧水は，そのほとんど総てが，湧出直後の水では魚が飼えないといつてよい。

溶存酸素は一，二の地点で過飽和がみられるだけで他は総てが未飽和であり，最低値は 25 % というかなり低い飽和度である。このように溶存酸素の地点による差違は，溶存窒素の場合に比較すると遙かに著しい。しかし，全体としてみた溶存酸素量は，湧水としてはむしろ極めて豊富であるという点で特徴的であり注目に値しよう。

水温は 15～17°C で，僅かではあるけれども湧水の所在位置による違いがある。

さて，小田原北方地域一帯の湧水の溶存窒素含有量は上述のとおりであるが，このような過飽和は何が原因となつて起るのであろうか。これは難問のようである。もちろん，いろいろの推定は下されるけれども，その正しい解答は将来の精密な地下水学的調査に俟たなければならない。

掘抜井戸で，その深さがわかつているものは参考として表中に掲げたがこれをみても井戸の深さと溶存ガス量との間には別に何の関係も認められないようである。

地点 1，3 及び 12 は前からある養魚場内の湧水である。これら三か所の養魚場では何れも小規模の池中養魚を行つており，池水の補充に湧水を用いている程度であるからガス病の被害は起らないということである。もつとも，地点 1 の湧水は，118 % というわれわれが調査した中では最も溶存窒素の過飽和度の低い値であるから，湧水直後の水でも飼育水として用いて差し支えないものである。

溶存窒素が過飽和であるために，魚を飼うとガス病を起すという湧水は，小田原附近の地域に限られたものではなく，各地に少からずあるもののようである。われわれはこれまでに，茨城県下及び埼玉県下で同様の 2 例を発見することができた。一は土浦市内の，他は加須町の何れも自噴性掘抜井戸の湧水である。これらの湧水について溶存窒素を測定した結果が Table 2 で，者前は 160 %，後者は 146 % という高い飽和度である。しかし，両者とも溶存酸素は 10 % 以下の低い飽和度で，この点は小田原附近の湧水とは性質を異にしている。このように，溶存酸素の値が小さいことは，むしろ地下水の一般的性状であつて[4]，小田

Table 1. The nitrogen-gas contents dissolved in the flowing water of springs and wells in the northern vicinity of Odawara City, Kanagawa Prefecture.

Posi-tion	Date	Kind of spring and well	W. T. (°C)	Dissolved nitrogen (cc/L)	Dissolved nitrogen (%)	Dissolved oxygen (cc/L)	Dissolved oxygen (%)	Depth of well
1.	Aug. 1942	Artesian well	15. 1	15. 86	117. 7	7. 95	111. 2	
2.	Oct. '51	Spring in pond (Limnocrene)	15. 0	16. 68	123. 5	7. 16	100. 8	
3.	Oct. '51	Cliff spring (Rheocrene)	16. 2	18. 07	136. 9	6. 88	99. 3	
4.	March 9, '43	Artesian well	14. 8	19. 05	140. 5	4. 90	68. 6	18 m.
5.	March 9, '43	do.	15. 8	18. 95	142. 5	5. 08	72. 7	
6.	Dec. 6, '42	〃	15. 7	18. 08	135. 7	5. 15	73. 6	
7.	〃 6, '42	〃	16. 1	16. 90	127. 7	5. 66	81. 4	
8.	〃 6, '42	〃	16. 2	16. 77	127. 0	4. 83	69. 7	
9.	〃 6, '42	〃	16. 9	19. 67	151. 0	5. 46	79. 9	
10.	〃 6, '42	〃	16. 2	19. 50	147. 7	5. 47	78. 9	27 m.
11.	Aug. 3, '42	〃	16. 0	19. 23	145. 1	5. 09	73. 1	
12.	Feb. 9, '43	〃	16. 8	20. 67	158. 5	5. 46	79. 7	32 m.
13.	〃 9, '43	〃	15. 7	18. 75	140. 8	1. 76	25. 1	
14.	March 9, '43	〃	16. 1	17. 26	130. 5	3. 10	44. 6	47 m.
15.	Dec. 6, '42	〃	16. 35	19. 89	151. 1	3. 60	52. 1	22 m.
16.	〃 6, '42	〃	16. 35	19. 76	150. 1	2. 14	31. 0	31 m.
17.	〃 6. '42	〃	16. 35	19. 22	146. 0	1. 86	26. 9	38 m.

Table 2. Two cases of high supersaturasion of nitrogen dissolved in the ground-water discovered in other districts.

Locoality	Date	W. T. (°C)	Dissolved nitrogen cc/L	Dissolved nitrogen %	Dissolved oxygen cc/L	Dissolved oxygen %
Artesian well in Tsuchiura City, Ibaraki Prefecture.	Feb. 3, 1943	20. 5	19. 70	161. 3	0. 35	5. 5
	May 22, 1943	21. 1	19. 60	162. 1	0. 60	9. 3
Artesian well in Kasu City, Saitama Pref.	March 3, 1944	20. 8	17. 70	145. 7	0. 40	6. 3

Table 3. Fluctuations observed in nitrogen-gas contents dissolved in the flowing water in a short period (observed at the position 12 on April 9, 1943).

Time	W. T. (°C)	Dissolved nitrogen cc/L	Dissolved nitrogen %	Dissolved oxygen cc/L	Dissolved oxygen %
10 h. 30 m.	16. 8	19. 63	150. 4	5. 64	82. 3
11 h. 30 m.	16. 8	19. 61	150. 3	5. 66	82. 6
12 h. 30 m.	16. 8	19. 57	150. 0	5. 68	82. 9
13 h. 30 m.	16. 8	19. 78	151. 6	5. 66	82. 6
14 h. 30 m.	16. 8	19. 81	151. 8	5. 69	83. 1
15 h. 30 m.	16. 8	19. 82	151. 9	5. 67	82. 7
16 h. 30 m.	16. 8	19. 80	151. 7	5. 66	82. 6

原附近の湧水の値が高いことが却つて例外とみなされよう。

(2). **溶存窒素量の時間的変動**

地点 12 の湧水について，数時間の間に1時間ごとに行つた溶存窒素の測定結果が Table 3 である。短時間内ではほとんど変動がない。測定値の上では 0.2 cc/L 程度の僅かな違いが出ているけれども，測定法の誤差を考慮に入れると，この程度の変動は問題とならない。溶存酸素についても同様に変動はない。

次に地点 12 の湧水について年間の変化を調べた結果が Table 4 である。この場合には測定誤差を考慮に入れても，明らかに多少の変動がみられる。しかし，その値は飽和度で数パーセント程度の小さい範囲に過ぎない。溶存酸素についても同じ程度の変動が起つている。しかし，両者の変動の傾向はお互いに全く無関係で関連は認め難い。

更に長期間の変化をみるために，最初の調査を行つてから 10 年近くを経過した後に，地点 1, 12 及び 15 の 3 点の湧水について調べた結果が Table 5 である。重複するが，最初の測定値も比較のために同時に掲げてある。

これからわかるように，地点 1 及び 12 では，溶存窒素の飽和度の値で数パーセント増加，地点 15 では 2% 余りの減少がみれる。この期間中の測定値が欠けているのは遺憾であるが，前述した1年間の変動の模様などを合せて考えると，該地域の湧水の溶存窒素は，長期間に亙つて大体定常的な値を持続し，変動が少いとみてよいであろう。

溶存酸素の変動は溶存窒素のそれよりはかなり大きい。また水温は地点 15 で 0.7°C の上昇がみられるが他の 2 点では変化がない。

Table 4. Fluctuations observed in nitrogen-gas contents dissolved in the flowing water in a year (observed at the position 12).

Date	W. T. (°C)	Dissolved nitrogen		Dissolved oxygen	
		cc/L	%	cc/L	%
July 9, 1942	16.7	19.50	148.1	5.25	76.5
Sept. 17, 〃42	16.9	19.82	152.1	5.36	78.5
Oct. 30, 〃42	16.8	19.80	151.7	5.50	80.3
Dec. 6, 〃42	16.8	20.23	155.0	5.37	78.4
Feb. 9, 〃43	16.8	20.29	155.5	5.46	79.7
April 9, 〃43	16.8	19.81	151.8	5.69	83.1
June 16, 〃43	16.8	19.90	152.5	5.34	78.0

Table 5. Fluctuations obseved in nitrogen-gas contents dissolved in the flowing water in a long period.

Position	Date	W. T. (°C)	Dissolved nitrogen		Dissolved oxygen	
			cc/L	%	cc/L	%
1.	1942	15.1	15.86	111.7	7.95	111.2
	1951	15.2	16.73	124.3	6.81	96.2
12	1943	16.8	20.69	158.5	5.46	79.7
	1951	16.8	21.04	161.2	6.01	87.7
15	1942	16.35	19.89	151.1	3.60	52.1
	1951	17.1	19.29	148.6	2.61	38.4

結　　語

無機成分の点ではたとえ良質の水であつても，窒素ガスが過飽和に溶存していると，魚類棲息上の障害となるという事実は一般にはほとんど知られていない。われわれはこの問題を取扱つた文献を探しているが未だ見出すことができないでいる。溶存酸素の異常に高い過飽和によつて魚がガス病を起す事実を指摘した文献が少数見当る程度である。

村上秀二氏はその著書「水の生活科学」の中で次のように記している（220 ページ）。南支仏印国境近くの馮祥のある自噴水中に魚を入れると，眼球が飛び出したり，垂直になつて泳いだり，いろいろの異状現象が起る。水の無機成分の分析結果からは，良質の水であるという以外に何の異状も認められない。このような魚の異常が何によつて起るのかは不明である。

村上氏のこの記載から判断すると，魚の異常は明らかにガス病にかかつた魚の斃死前の症状のようである。この湧水中には恐らく相当高い過飽和で窒素ガスが溶存しているのではないかと推定される。

小島，富山[5] 両氏は日本各地の養鱒場で，ニジマスの稚魚の斃死率に相当著しい相違がある事実に着目し，養魚用水の無機成分の詳細な分析を実施して比較検討した。その結果，ニジマス稚魚の斃死率の大きさと，用水の珪酸含有量の高いこととの間に相関関係を見出し，稚魚の斃死を高めるのは，アニオンとしての珪酸イオンが多く，カチオンとの平衡がとれていないための生理作用が原因であろうと推定している。

両氏の報告によると，稚魚の斃死率の高い養鱒場はその多くが湧水を用いている点は注目を要するところで，これらの湧水については一応溶存窒素の測定を行つてみることも必要であろうと考えられる。

小田原地帯の数地点の湧水について，われわれが試みに珪酸塩の含有量を測つた結果では，その値は 40 mg/L（SiO_2 として）内外という高い値であつたことを参考までに附記する。

本報告の首題とは異るけれども，湧水以外の場合でも特別な理由によつて，異常な過飽和で窒素ガスが溶存している水が往々発見されることがある。例えば押上げポンプの活栓に隙間があつて，ここから空気がはいつて高圧が加わる場合，あるいは水圧の高い水道管中に何かの原因で空気が混入する場合等がそれである。魚がガス病を起すのは，このような水中でも同様であつて，われわれは度々その実例をみた。水族館等で魚を飼育する場合には充分この点に注意することが肝要である。

また，このような水がある期間鉄管中に停滞していて流出してくる場合には，溶存酸素が鉄管の酸化，あるいはその他の酸化に消費されて，かなりの未飽和値を示すことが多い。このことは，地下水のガス溶存量について一つの興味ある示唆を与えるものと考えられる。この点についても，目下江草が実験中であり結果は追つて発表の予定である。

総　　括

1） 小田原北方地帯の湧水には窒素ガスが過飽和に溶存しており，これが原因となつて魚にガス病を起す。

2） 湧水の溶存窒素含有量は，湧水地点によつて異なり，その飽和度は 120～160％ である。

3） 同一の井戸または泉は，それぞれ個有の溶存窒素量を示し，短時間内にはもちろん，相当長期間内でもほとんど変動しない。

文　　献

1） 江草周三：日水会誌，**15**，83 (1944).

2） 菅原健：化学実験学，第一部，12，地球化学，p. 559 (1941).

3） R. Maucha：*Die Binnengewässer*, Bd. 12, p. 62 (1932).

4） W. C. Allee et all：*Principles of Animal Ecology*, p. 189 (1949).

5） 小島良夫，富山哲夫：日水会誌，**15**，277 (1949).

工場廢水に関する研究—IV. 底土硫化物の採泥後の変化及びその防止方法に就いて*

赤築敬一郎
(水産講習所)

Studies on the Foul-water Drained from Factories—IV. On the Change After Sampling in Sulphide in Bottom Deposit and Its Preventive Methods

Keiichiro SIYAZUKI

Being the very unstable substance, sulphide in bottom deposit have to be determined immediately after sampling to obtain the accurate value. It is necessary to try proper fixative procedure, because the determination of sulphide cannot perform at the researching place.

In this paper the auther examined on the change after sampling in sulphide in bottom deposit and its preventive methods. The results obtained are as follows :

1. Sulphide in bottom deposit on exposing to air decreases gradually, and it closed with water increases.

2. The change in sulphide in bottom deposit closed with water decreases according to the lowering of temperature and does not change entirely at 2°C.

3. When about 2 % of sterilizers such as 50 % NaOH, saturated solution of $HgCl_2$ and toluene are added to the bottom deposit closed with water, the change in sulphide is prevented completely.

I 緒 言

下水や工場廃水の流入する河川，湖沼及び海湾等の底土中には多量の硫化物が含まれる場合が多い。この硫化物が水産生物に甚大な被害を及ぼす事に関しては多数の研究[1)-5)]が行われおり，又富山・山川両氏[6)]は鯉，土屋氏[7)]はミヂンコに対する硫化物及び硫化水素の毒性を明にした。従つて底土の硫化物及び硫化水素量の多少は，水質汚濁状態或は汚濁の歴史を推知する上に有益な資料となる。

底土中の硫化物の及び硫化水素は極めて不安定な物質である為に採取後は直に分析しなければ正確な結果を得難い。しかし実際の汚濁調査に当つて現地での分析は不可能な場合が多く，従つて試料を実験室に持帰るにはその間の変化を防止するため試料に適当な固定を施す必要があり，独乙で採用している公定法では苛性ソーダで固定している[8)]。著者は底土硫化物の正確な分析値を得るのを目的とし採泥後に於けるその変化を検討し，更にその固定に関し若干吟味したので，その結果を報告する。

II 実 験

1. 供試底土並に硫化物定量方法

1953 年 5 月 6 日受理 (印刷費負担)
* 水産講習所研究業績 第 92 号

実験には水産講習所北側（下関市吉見町）の小鹹水池底より採取した黒色腐泥を直径 0.5 mm の篩で裏漉し後充分混合した水分 50% 内外，乾土 1 g 当りの硫化物 0.5～1.0 mg の湿泥を使用した。硫化物の定量に供試泥 0.4～0.5 g について富山・神崎両氏の少量定量法[1]で行い，硫化物量と同時に水分を定量して乾土 1 g・中の硫化物の mg 数即ち ‰ を算出して示した。

2。 底土を空気に曝した場合の硫化物の変化

0.5 g 内外の湿泥を空気中に放置し一定時間後に硫化物を定量した（第一表）。泥中硫化物は空気酸化を受け漸減し 10 分後には 9 %，2 時間後には 30 % の誤差を生ずる。従つて採泥並に分析時には可及的に底土を空気に曝すのを避けねばならない。

Table 1. Variation in sulphide S in the bottom deposit on exposing to air.

Time exposed in minute		0	10	30	60	160
Sulphide-S in dry mud	‰	0.583	0.530	0.482	0.429	0.409
Change in Sulphide-S	‰	——	− 0.053	− 0.099	− 0.154	− 0.174
Error	%	——	− 9.1	−16.9	−26.5	−30.0

3。 底土を水栓した場合の硫化物の変化

供試泥を調製後直に 50 cc. 容 広口瓶に夫々 90 % 容迄入れ，これに海水を充しゴム栓で密栓して 20 °C の恒温槽水中に放置し適当な時間後に栓を開いて上澄液を捨て残部を手早く混合し，その一定量につき硫化物を定量した（第二表）。空気に曝した場合と逆に底土硫化物は漸増し 2 時間後には 4 %，8 時間後には 17.4 % の誤差を生ずる。此の誤差原因は，泥中有機物の嫌気細菌による分解に伴い恐らく硫酸根より硫化物が新生した為と考えられる。

Table 2. Variation in Sulphide-S in bottom deposit closed with water.

Time	hour	0	2	4	6	8
Sulphide-S in dry mud	‰	0.545	0.567	0.598	0.622	0.640
Change in Sulphid-S	‰	——	+ 0.022	+ 0.053	+ 0.077	+ 0.095
Error	%	——	+ 4.0	+ 9.7	+14.1	+17.4

Table 3. Relation between temperature and change after 4 hrs. in Sulphide-S in bottom deposit closed with water.

Temperature	°C	35	25	17	12	7	2
Sulphide-S in dry mud	‰	1.115	0.976	0.903	0.885	0.851	0.825
Change in sulphide-S	‰	+ 0.290	+ 0.151	+ 0.078	+ 0.060	+ 0.026	0.000
Error	%	+35.1	+18.3	+ 9.4	+ 7.2	+ 4.1	0.0

泥中硫化物の変化と温度との関係を検討するため，同様に処置水栓した試料を種々な温度の恒温槽水中に 4 時間放置して後硫化物を定量した（第三表）。硫化物の変化は温度に依り著しい影響を受け低温程少く，2 °C では全く変化しない。従来より行われておる底土を底層水で水栓して現場より実験室迄持帰る手段は，冬季低温時には殆ど誤差を生じないが夏季高温時には硫化物の変化は看過し難い故，水栓試料は冷水中に保つか或は殺菌剤を添加して固定処置を施す必要がある。

4。 殺菌剤添加による底土硫化物の固定

二，三の殺菌剤を種々な割合で添加した水栓試料を 21±1 °C の恒温槽水中に 4 時間放置して後硫化物の

Table 4. Effect on change in sulphide of certain sterilizers added in the bottom deposit closed with watar.

Kinds of sterilizer	Volume of sterilizer added %	Sulphide-S in dry mud ‰	Change in sulphide-S ‰	Error %	Sulphide-S in the mud used ‰
Saturated $HgCl_2$	0.2	0.575	+ 0.053	+ 10.2	0.522
50 % NaOH	〃	0.580	+ 0.058	+ 11.2	〃
Toluene	〃	0.578	+ 0.056	+ 10.7	〃
H_2O	〃	0.581	+ 0.059	+ 11.3	〃
Satu. $HgCl_2$	0.4	0.621	+ 0.059	+ 10.5	0.562
〃	1.0	0.585	+ 0.023	+ 4.1	〃
50 % NaOH	〃	6.632	+ 0.070	+ 12.4	〃
Toluene	〃	0.622	+ 0.060	+ 10.7	〃
H_2O	〃	0.630	+ 0.068	+ 12.1	〃
Satu. $HgCl_2$	2.0	0.545	0.000	0.0	0.545
50 % NaOH	〃	0.548	+ 0.003	+ 0.5	〃
Toluene	〃	0.543	− 0.002	− 0.4	〃
H_2O	〃	0.608	+ 0.063	+ 11.5	〃

変化を調べた(第四表)。使用した殺菌剤は何れも少量の添加では硫化物の変化を殆ど防止し得ず完全に固定するには約 2 % の添加が必要であつた。比較的多量の殺菌剤を要する理由として，50 % NaOH 添加試料の上澄液は赤褐色を呈し，且つ多量のコロイド状物質が析出し泥の表面に沈着するが，前者は泥中遊離硫化水素と Na OH との反応により生成した Na_2Sによる着色，後者は試料中の種々な溶存物質と NaOH との反応物質と考えられ，又飽和昇汞添加試では多量の白色沈澱が認められ之は HgS の新成と考えられるから少量の NaOH 及び $HgCl_2$ では此等の反応に全て消費され殺菌固定の目的を果す事が出来ない為と思考される。トルオール添加試料では特別な変化は認められないがトルオールが浮水性の為に密栓時に溢水と共に流出する結果殺菌に必要量以上を要するのであろう。

摘　　要

1. 底土硫化物の採泥後の変化及びその防止方法に就て検討した。
2. 湿泥を空気中に放置すると硫化物量は漸減し，水栓した場合は漸増する。
3. 水栓した底土硫化物の変化は低温程少く，2 °C では全く変化しない
4. 50 % 苛性ソーダ，飽和昇汞水及びトルオールを殺菌剤として使用した場合は底土硫化物を完全に固定するには約 2 % の添加を必要とする。

終りに臨み御校閲を賜つた九大農学部富山哲夫教授に深甚な謝意を表す。

文　　献

1) 宮地伝三郎 : 水産研究誌，**23**，5，(1928).

2) 清水光夫，倉茂英次郎 : 気象集誌，**12**，3，(1933).

3) 清石礼造，富山哲夫 : 日本海洋学会誌，**1**，75，(1942).

4) 清石礼造，稲葉俊，富山哲夫：陸水学会誌，**11**，137，(1942).

5) 赤築敬一郎：日本水産学会誌，**16**，12，(1951).

6) 富山哲夫，山川朝義：日本水産学会誌，**15**，491，(1950).

7) 土屋靖義：日本水産学会誌，**13**，113，(1947).

8) M. Horn, et al. : Die chemische Unterschung von Abwasser unter Berücksichtigung der Schlammanalyse und der Vorfluteruntersuchung.

Kleine Mitteilungen für die Mitglieder des Vereins für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene, S. 127, 10 Jahrgang (1934).

9) 富山哲夫，神崎嘉瑞夫：日本水産学会誌，**17**，115，(1951).

中海における垂下養殖かきの斃死原因に関する研究*
不連続層の界面張力について

梶川豊明・佐野 茂・早栗 操
（鳥取県水産試験場）

Studies on the Cause of the Abnormal Mortality of Hunging Oyster in the Nakami.
On the Surface Tension of the Discontinuous Laver

Toyoaki KAJIKAWA, Shigeru SANO and Misao SOGURI

The authors have studied on the abnormal mortality of hunging oyster in the sea of Nakami from the view point of physical chemistry, and the results are summerised as follows.

1) The water of Nakami is of two layers with the upper of lower salinity, and thus shows a very high vertical stability. Into the distinct discontinuous layer, which develops between them, are supposed to be adsorbed some surface active substances resulting any change of surface tension.

2) Our observation shows, that is the case, and the active substances are hydrogen- and other sulfide and organic matters, and that they were abundant in summer and selectively absorbed into the layer.

3) The greatest damage on oyster seems to take place within the moving range of this discontinuous layer and consequently the surface active substances are supposed to have something to do with the abnormal oyster mortality.

4) The fact that hunging oysters suffered from death to the greatest degree during the period of turbulence of water caused by typhoon or during that of "red-water" in autumn, is explained by dissolution of the injurious substances from submarine deposits and by defusion of the surface active substances of the discontinuous layer into the sea water around.

I 緒 言

中海における垂下養殖かきの斃死については既に詳細な研究[1,2]がある。著者等[3]の調査によつても近年特に斃死が目立つている。即ち弓ヶ浜沿岸一帯の養殖場における斃死の割合は昭和 23 年 41 %，24 年 50 %，25 年 71 %，26 年 58 % でありこの原因についてはいまだ明らかにされていないが中海における有機物の近年著るしい増加が指摘され，海底土の生成物質が直接間接影響していることを何れも推定しているがその被害までの過程乃至機構については不明である。著者等[4]は中海における硫化物の季節による消長を明らかにし生物相に直接影響のある点を指摘したが，かきの斃死についても考察し不連続層における界面張力に関し興味ある事実を認めたのでその結果を報告する次第である。

1953 年 3 月 30 日受理（印刷費負担）

* 中海赤潮に関する研究（第 10 報）昭和 28 年度日本水産学会年会にて講演発表

II　不連続層における界面吸着について

中海には周年塩分の垂直分布が上下二層に明瞭に区分されその間にあたかも強固な被膜を張つたような不連続層が存在している。今この塩分を異にする上下二層間に Gibbs の熱力学的に誘導された吸着式を引用する[5]と

$$u=-\frac{C}{RT}\cdot\frac{\partial\gamma}{\partial C}\quad(T\text{ は絶対温度}, R\text{ はガス恒数})$$

この式によつて単位面積に吸着された溶質の量 u と，液の濃度 C と，液の界面張力 γ との関係が示される。この式は溶液が他種の液体と接触しているときその界面において溶質が吸着される時にも用いられる。今この二層間の界面溶液に存在する物質によつて界面張力が減少する場合には $\frac{\partial\gamma}{\partial C}<0$ 従つて $u>0$ であつてこれは界面に溶質が吸い着けられた状態で界面活性物質が含まれていることを意味し吸着が起つていることになる。これに反し溶液の濃度が増し界面張力も増す場合には $\frac{\partial\gamma}{\partial C}>0$ 従つて $u<0$ となりこれは溶質が界面より逃げ遠ざかり負吸着である。著者等が中海の主要な観測点（第1図は観測点及かき養殖地点を示す）について各種の観測と共に各層の界面張力を測定した結果は第1表の如くで第2～4図はこの結果を図示したものである。界面張力の測定は Traube の Stalagmometer を用いる方法に準じ，簡単に 2cc のホールピペット又は 10cc のビューレットより滴下数を求めて計算した。従つて他の場合の測定結果と比較は困難であるが中海各層における相対的の関係は知ることが出来る。この結果から示されるように一般に不連続層附近において界面吸着現象がみとめられこの層附近で界面張力が 3～5 dyne/cm 減少している。即ちこの減少は何れも不連続層附近の水深 2m 前後で認められ，又下層の底土に近い所では一般に低い値を示すがこれは有機物を多量に溶存しているからである。O_2 溶存量は不連続層附近で特に目立つた変化を示していないがこの層から下の方では著るしい O_2 の減少を示している。次に有機物の量と界面張力との関係を第4図についてみるに有機物の多い 3m 層において界面張力が減少し，V 字型の変化を示している。不連続層の前後，1―2m 層と 4m 層において O_2 消費量（有機物）が減少しているのは界面張力の弱い 3m 層（不連続層）に酸素の消費にあずかる有機物が吸着された結果であろう。

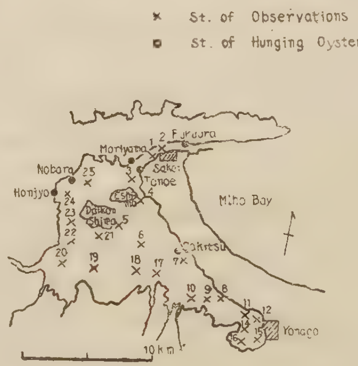


Fig. 1 Stations in th Nakami.
× St. of Observations
● St. of Hunging oyster.

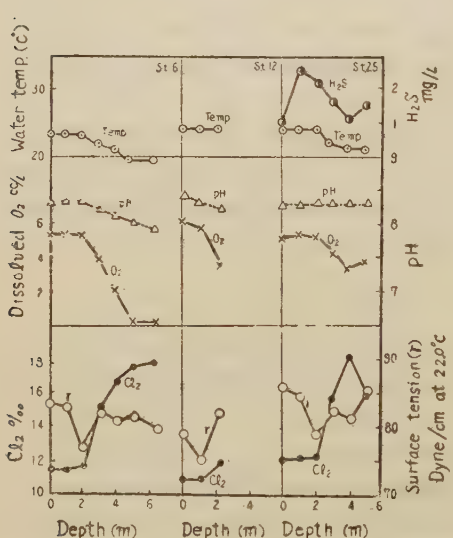


Fig. 2 Vertical distributions of Cl, Surface tension, O_2, pH, Water temperature and H_2 S (June 21, 1952).

Table 1. Results of the Oceanographical Observations in Nakami. (June～August, 1952)

Time h—m	Depth of obs. layer m	Water temp. C°	Cl ‰	Salinity ‰	O_2	O'_2	$\frac{O}{O'_2}$ %	pH	Consumed O_2 mg/L	H_2S mg/L	Surface tension dyne/cm	Fe mg/m³
Station 6 Depth 6.5 m June 21st, 1952												
											at22.0°C	
	0	23.8	11.35	20.52	5.44	5.50	99.0	8.3		0.000	83.0	300
	1	23.5	11.36	20.54	5.32	5.53	96.1	8.3		—	83.0	300
12.30	2	23.2	11.61	20.99	5.26	5.54	94.9	8.3		—	77.4	300
—13.30	3	22.0	15.05	27.20	3.88	5.54	70.1	8.2		—	82.0	300
	4	20.9	16.67	30.20	2.01	5.52	36.4	8.1		—	81.0	89
	5	19.5	17.63	31.35	0.24	5.52	4.4	8.0		—	81.2	42
	6.4	19.5	17.73	32.03	0.13	5.51	2.4	7.9		—	79.4	52
Station 12 Depth 2.4 m June 21st, 1952												
											at22.0°C	
9.50	0	24.1	10.75	19.43	6.15	5.50	111.8	8.4		—	79.2	522
—10.20	1	23.9	10.90	19.71	5.68	5.51	103.2	8.3		0.180	75.3	70
	2.3	23.9	11.63	21.02	3.46	5.47	63.3	8.2		0.190	82.5	96
Station 25 Depth 5.2 m June 21st, 1952												
											at22.0°C	
	0	24.1	12.00	21.69	5.21	5.42	96.2	8.3		0.099	85.7	—
14.10	1	24.0	12.08	21.83	5.44	5.40	100.7	8.3		0.250	84.5	—
—14.50	2	23.8	12.12	21.91	5.23	5.45	95.9	8.3		0.219	78.7	—
	3	22.0	15.50	28.01	3.25	5.42	78.1	8.3		0.163	82.5	79
	4	20.9	17.90	32.34	3.25	5.44	59.7	8.3		0.109	81.2	515
	5	20.8	15.65	28.23	3.74	5.51	67.9	8.3		0.145	84.8	2,406
Station 6 Depth 6.3 m July 21st, 1952												
											at29.0°C	
	0	28.9	4.20	7.61	4.78	5.42	88.2	8.3		—	73.6	20
	1	28.1	4.20	7.61	5.09	5.51	92.3	8.4		—	74.6	26
11.50	2	27.8	4.76	8.62	4.99	5.50	90.7	8.4		—	70.6	42
—12.50	3	24.0	13.09	23.66	0.60	5.37	11.2	7.8		—	72.5	59
	4	23.1	15.52	28.04	0.86	5.32	16.0	8.1		—	73.7	35
	5	20.0	16.50	29.81	0.00	5.53	0.0	8.0		0.346	72.1	31
	6.2	20.0	16.86	30.46	0.00	5.51	0.0	8.0		5.130	74.8	8,450
Station 10 Depth 5.1 m July 21st, 1952												
											at29.0°C	
	0	28.1	4.26	7.72	5.27	5.51	95.7	8.6		—	74.7	64
	1	—	—	—	—	—	—	—		—	72.2	—
13.40	2	27.0	6.92	12.52	6.37	5.45	116.8	8.6		—	77.2	264
—14.30	3	23.1	16.02	28.95	0.00	5.29	0.0	7.7		—	72.6	20
	4	22.0	16.32	24.49	0.00	5.37	0.0	7.8		—	74.6	20
	5	21.4	16.32	29.49	0.00	5.49	0.0	7.9		0.088	72.9	22,800
Station 12 Depth 3.1 m July 21st, 1952												
											at29.0°C	
15.30	0	29.1	4.41	7.99	5.87	5.40	108.7	8.8		—	74.6	38
—16.10	1	29.0	4.44	8.04	5.75	5.40	106.4	8.8		—	75.7	39
	2	26.1	8.60	15.55	5.43	5.44	99.8	8.3		—	76.2	93
	3	24.0	12.13	21.93	0.00	5.43	0.0	7.6		2.640	75.4	186
Station 6 Depth 5.6 m August 9, 1952												
											at27.5°C	
	0	27.4	4.53	8.21	4.50	5.55	81.1	8.5	3.53	—	73.4	—
	1	27.0	4.53	8.21	5.34	5.59	95.6	8.6	3.00	—	75.2	—
	2	26.5	4.53	8.21	4.40	5.64	78.0	8.4	3.87	—	76.9	—
	3	27.0	7.28	13.17	0.63	5.43	11.6	7.6	4.65	—	75.7	—
	4	24.3	13.88	25.08	0.26	5.30	4.9	7.9	3.16	—	77.2	—
	5.5	22.0	15.43	27.88	0.00	5.42	0.0	8.1	5.92	—	78.1	—

Table 2. Results of the Oceanographical Observations at the Stations of Hunging Oyster

(April 1949～March 1950)

Date	Time h—m	Depth of obs. layer m	Water temp. °C Upper layer	Water temp. °C Lower layer	Cl ‰ Upper layer	Cl ‰ Lower layer	Salinity ‰ Upper layer	Salinity ‰ Lower layer	O_2 cc/L Upper layer	O_2 cc/L Lower layer	pH Upper layer	pH Lower layer	H_2S mg/L Upper layes	H_2S mg/L Lower layer	Consumed O_2 mg/L Upper layer	Consumed O_2 mg/L Lower layer	Trans-paren-cy	Plank-ton cc
4—22	11.50	6.5	15.5	15.0	8.27	14.24	14.96	25.73	—	—	7.4	7.2	—	—	5.44	8.40	4.0	—
〃	16.10	1.4	16.5	16.7	7.79	7.88	14.09	14.25	—	—	7.2	6.6	—	—	3.72	5.21	3.5	—
5—17	10.40	5.8	19.2	18.7	12.12	14.92	21.91	26.96	—	—	8.3	8.4	—	—	—	—	4.5	—
〃	13.40	1.5	—	—	11.70	11.59	21.15	20.95	—	—	8.6	8.2	—	—	—	—	3.0	—
6—17	10.40	6.8	23.5	22.0	12.44	17.14	22.48	30.97	—	—	8.4	8.6	—	—	5.82	10.65	5.0	—
〃	15.40	1.5	24.9	25.0	10.90	11.11	19.71	20.08	—	—	8.7	8.9	—	—	7.15	6.15	—	—
7—16	12.00	6.2	27.0	22.1	9.38	17.08	16.96	30.86	6.62	5.34	8.6	8.6	—	—	—	—	5.3	—
〃	16.10	1.5	27.4	28.0	8.05	—	14.56	—	—	8.75	8.7	9.0			—	—	—	—
8—21	11.10	6.9	27.8	25.8	12.00	17.71	21.69	32.00	6.40	6.53	7.6	8.5	4.00	2.48	6.70	6.79	5.2	1.3
〃	15.20	1.7	29.0	29.2	12.09	11.20	21.85	20.25	6.78	10.60	8.8	8.1	2.52	3.88	5.48	7.71	—	21.4
9—29	15.13	6.5	24.4	24.0	7.02	10.50	12.70	18.98			8.7	8.7	2.68	4.74	4.43	9.97	5.4	8.0
9 26	14.30	1.4	24.0	24.1	6.05	6.20	10.95	11.22	6.71	6.50	8.7	8.9	6.94	5.73	5.16	6.37	2.8	3.5
11—26	12.40	6.0	12.0	13.0	12.16	13.92	21.98	39.70	7.28	6.59	8.5	8.5			9.82	14.65	4.1	—
〃	16.00	2.1	11.0	12.2	10.11	12.01	18.28	33.03	7.28	6.97	8.6	8.7	—	—	9.38	11.14	3.3	—
12—21	14.50	5.8	8.6	9.3	—	11.60	—	20.97	—	—	—	8.6	—	—	8.59	9.82	5.3	—
〃	12.50	2.5	7.8	8.2	9.57	9.85	17.30	17.81	—	—	8.6	8.7	—	—	8.35	7.01	5.0	—
1—27	15.30	6.0	6.7	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.6	—
〃	12.00	1.1	6.2	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	—
3—5	11.50	6.0	8.6	9.5	—	5.58	—	10.10	5.55	4.45	9.5	8.7	5.55	4.45	4.25	9.54	3.1	—
3—4	13.10	1.0	—	—	4.06	4.12	7.36	7.47	3.02	3.02	9.1	9.1	3.02	3.41	3.09	3.95	3.1	—

Remarks : Upper line ; St. 1, Off coast of Tonoe.
Lower line ; St. 7, 〃 Sakitsu.

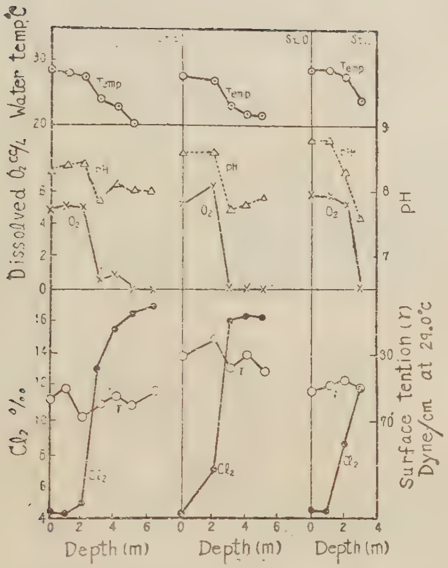


Fig. 3 Vertical distributions of Cl Surface tension, O_2, pH and Water temperature (July. 21, 1952).

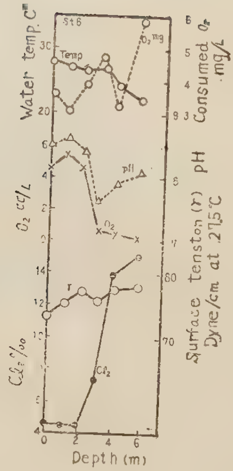


Fig. 4 Vertical distributions of Cl, Surface tension, O_2, pH, Water temperature and Consumed O_2 (Aug. 9, 1952)

以上の結果から中海の不連続層附近においては界面張力が減少し正の吸着現象を呈し所謂界面活性物質が存在することが明らかである。第2図の St. 25 における H_2S の量は H_2S を Zn 及び Cd の醋酸塩で固定した後これに過剰の沃度液を加えて反応させ，残存する沃度をチオ硫酸ソーダで滴定する方法によつた。この値は海水中の硫化物及び有機物の影響もあつて H_2S のみではないが不連続層を中心とするこれらの消長を知ることが出来る。以上の結果から界面活性物質は H_2S 等の硫化物，有機物によつて構成されていることが明瞭である。即ち不連続層において界面張力が減少するが逆に硫化物等が極めて多量に集中している傾向を示すことが明らかにされる。但し全体としてはやはり下層ほど H_2S は増加の傾向にあつて，還元作用が下層ほど旺盛で腐敗分解等の諸作用が盛んに行われて H_2S の生成される所が多く常に多量溶存し，従つて O_2 に平時欠亡しほとんど零%に近い層が底土近くでは認められるが，大根島北方は中海内部の海水の出入の通路に当り，不連続層は存在するが絶えず海水の移動が行われ，ために底土附近においても O_2 に恵まれ最底部においてすら67.9％を示し不連続以下の層でも還元性は比較的少い。しかしこの地域及び中海奥部の下層において生成された H_2S 及び有機物質は海水に溶解し不連続に集中しているものと考えられる。

Ⅲ 垂下養殖かきの斃死と不連続層における界面吸着現象との関係

本場における調査[3]及び文献[1]，当業者の談等によつてみてもかきの斃死は垂下の位置と層によつてその程度に大差あり，同一地点で斃死が中央に集中するとか，下層に限られるなどの差があり，当業者もこの点に着目し一定の安全の水深で垂下養殖を実施している所もある。従つて，これまで考えられている伝染病，塩分の濃度，水温によるとすることもかなり困難であろう。中海における観察で一致しているところは次の如

くである。(1)中海南内部は 2～3 m 層に斃死が多い。(2)外海に近い所では上層，表面に斃死が多い。(3)所によつては垂下の中間層に斃死が集中する。(4)昭和 24 年本場における実験によつて中海中央部崎津地先では斃死が全く認められなかつた。(5)かきの系統による差は殆んど認められない。(6)陸水の影響を直接受ける所は斃死が少い。(7)養殖地底土には org. matter が甚だ多い。(8)塩分濃度については一定の傾向は認められない。(9)斃死は 7 月より 8，9，10 月に及ぶ。水温の上昇と共に甚だしい。(10) 1 年生かきの斃死は少い。

以上の結果と不連続層との関係から興味ある結果がみられる。即ち，中海南部奥部もしくはかき養殖地底土で生成された H_2S の如き Sulfide はこの不連続層に吸着されているがこの量は水温の上昇と共に増加し，生物相に対してはこの層附近で直接影響を与えるが移動性の魚貝類は難をさけるので直接その影響を受けない。然るにかきの如き定置的のものはこの層附近で直接被害を受けることが考えられる。例えば中海北岸の福浦，森山，野原の三養殖場についてその斃死の状況をみると，福浦では上層に多く，森山では中下層部に，野原では下層に特に多い傾向にある。次にこれらの地域の塩分の垂直分布についてみると第 5 図において不連続層は St. 25 附近では 2 m 層にあり，外海に接する St. 2 附近ではこの層は表面に達しており，かき斃死の垂直的分布の線と不連続層の線とは一致している。一般に下層部に斃死の多い理由は底土で生成される還元性物質の影響を直接けるからであろう。水温の上昇するに至つて斃死も漸次増加することは既に認められ底土の有機物によることは指摘されているが下層と同時に又中層或いは上層において斃死の多い場合の解釈については不連続層における吸着現象及び平時の成層状態から秋期の循環期に入り成層が破壊され不連続層における有害物質の分散する現象について着目し，始めて解釈されよう。これによつて垂下の位置と斃死の垂直分布との関係が明瞭にされる。又赤潮の発生及台風後等に斃死の急増することについては次の如く解釈し得よう．即ち底土中に温存された H_2S の如き硫化物が一時に水中に溶解することと不連続層に集中していた界面活性物質が台風等による攪乱により海水中に分散し垂下かき全般に被害をもたらすものであろう。なお中海では平時モガイの浮游卵が多数不連続層に集中しているが秋期海水が攪乱され，塩分の分布が均一化し不連続層が一時消失する頃には浮游卵も分散して来ることはしばしば目撃されるところであるが，不連続層における界面活性物質の消息も同じ行動をとるものと考えられる。次に北岸本庄地区の夏期水深の極めて高く又底土に有機物の多いにかゝわらず斃死の少い理由は同地域は小河川水が流出しその土壌コロイドによつて養殖地の底土中の有機物が安定化しているためであると考えられる（Fe イオンと S イオンの関係，この関係は第 12 報で詳細に論ずる予定）

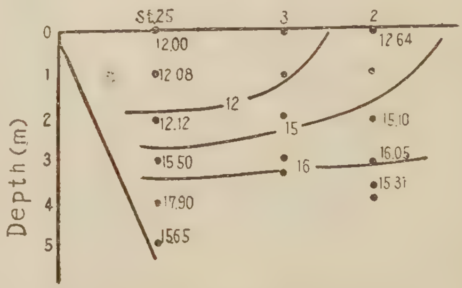


Fig. 5 Vertical distribution of Cl (June. 21, 1952).

以上の如く不連続層における界面活性物質に注目しこの層をさけるならば被害をまぬがれることになる。昭和 24 年に著者等は当初従来の方法により外江地先で垂下養殖したものを崎津地先で不連続層をさけて水平養殖を行つた結果斃死は全く認められなかつた。これに反し外江地先のものは斃死 47 %近くに達していた。これは外江地先が昭和 14 年以来の経続地であるが崎津地先は始めての地であり底層の性状その他から環境の影響が大いに考えられる。即ち第 2 表の如く外江地先の方が酸素消費量及び硫化物（海水に直接沃度を加える普通の沃度法による）共に多い傾向を示し環境不良であり，塩分の分布は外江町地先では不連続層が存在することが明らかであるが，崎津地先は上下層間の塩分分布がほゞ一様で成層状態を呈せず(第 5 報）従つて不連続層は存在せず，不連続層をさけてかきの養殖が行われたことになり，このための被害が生じなかつたものと考えられる。

IV 要　　約

中海における垂下養殖かきの斃死原因について考察した結果，塩分の不連続層附近における界面活性物質の消長について興味ある現象を認め，これよりかきの斃死原因について考察した。

1） 中海は平時垂直安定度が極めて大きく，塩分濃度の低い上層と高い下層の2層に明瞭に区分されその間に強固な不連続層が発達し，この層附近に界面活性物質が集中し，この物質によつてかきは被害を受けている。

2） 界面活性物質は H_2S，その他の Sulfide 及び有機物質等によつて構成され，これらの物質は水温の上昇と共に底土を中心として生成され海水に溶けて，この層に吸着されている。

3） かきの被害を受ける範囲は不連続層を中心としその垂直的の移動範囲が主要な部分を占めているが，秋期の赤潮，台風等による不連続層の消失に伴い，かきに有害な界面活性物質は分散し，このため被害範囲が拡大されるものと考えられる。

平素研究の方針その他いろいろと御指導と御鞭韃を賜つている九州大学富山哲夫博士，同平井敬蔵博士及び日本海区水産研究所野口栄三郎技官，又この報告について種々御教示をいたゞいた内海区水産研究所花岡資博士に心から御礼申し上げる次第である。

文　　献

1） 島根水試報告： 中海かき被害原因調査報告 **1**，(1952).

2） 酒井，曾我： 島根大学論集 **2**，65—77，(1952).

3） 鳥取水試事業報告（昭和 26 年度）

4） 梶川等： 鳥取水試研究報告 **16**，**18** (1950)； **19**，(1952)； 日本海区水産研究所記念論文集 87—96，(1952).

5） 鮫島： 物理化学実験法（1948）； 膠質学，(1948).

「マガキ」異状斃死の防止に関する研究
「Kイオン」特に「KI」の注射の効果について*

横田滝雄
(南海区水産研究所)

Experimental Studies to Reduce Unusual Mortality of *Ostrea gigas* Thunberg in Summer
Effectiveness of「K」ion and「KI」

Takio YOKOTA

Various authors have worked on the cause or causes of unusual mortality observed during summer in the Japanese oyster, *Ostrea gigas*, with the following results :——

(1) Proof against such an unusual event are those culture-beds which enjoy an appropriate water condition ensuing from either (a) the temperature being below 24°C coupled with the salinity ranging 33～34‰, or (b) the temperature somewhat higher (26°～36°C) but the salinity slightly lower (30～32‰) than the former.

(2) The summer conditions of water consequent upon higher temperature (26°～32°C) and salinity (33～35‰) were found in Moroiso Bay decidedly fatal to the profusely egg-laden oysters which however rather gradually succumed to death.

(3) Spawning was followed by sudden fate at Kanazawa and Akamizu during a period from late August to early September in those oysters which had been previously exposed in summer months to a temperature above 26°C and at the same time to a salinity of 32～34‰, although the water conditions were taking a favorable turn for them while dying. (These three items were verified by Seno, Fujimori, Kusakabe, and Yokota).

(4) Transplanted anywhere else from Shimizu Bay as it was, the Shimizu stock of oysters still maintained its regular spawning season of mid-autumn irrespective of conditions of life, of its new habitat, briskly continuing its existence during the afore-mentioned critical period amidst all other dying native ones. Hence the mortality of the latter dependent on coincidence of spawning season with the time of upturned temperature and salinity (Seno, Fujimori, and Kusakabe).

(5) Nothing suggestive of contagion could be detected in the perishing oysters (Seno, Kusakabe, and Miyazaki) ; nor harmful bacteria in them (Orton).

(6) Autolysis products of ovary of an oyster induced "gaping" condition in another otherwise healthy one when injected in its visceral mass (Yokota).

(7) The higher temperature and salinity of water markedly lessened reproductirvity of diatoms (Yokota) which were found indispensable food for rearing Olympia oyster lavae (Hori).

(8) Gaping oysters were found to have their digestive diverticula reduced in size and faded in color.

1953年5月6日受理(印刷費負担) * 南海区水産研究所業績 第16号

It may be mentioned a measure was taken by Yokota, Inoue, and Sawto with a view to reducing the unusual mortality of the oyster in summer. Of injections of Vitamin B_2, KI, KCl, KIO_3, diatom extract done of them, a certain dose of KI appeared to answer the purpose (Preliminary Report of Experiment to Reduce Mortality of Oyster in Summer 1950. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Vol. 15 No. 9.)

The present paper deals with an account of further studies conducted in summer of 1948 and 1950 on the same subject, and the attention of the reader is called to the accompanying Tables I and II which tabulate the results of experiments, Tables III and IV which give a summary of environmental conditions of Akamizu oyster farm under consideration, and Table V which sums up mortality of oysters. Remarkably enough, shots of KI solutions were likely to reduce the mortality in summer even under adverse conditions resulting from unsuitable temperarure and salinity and also shortage of food. Such effects of KI and other already mentioned related facts when taken together appear to point to the conclusion that unusual death-rate ensues from accumulation of harmful autolysis products due to disturbed metabolism which was given rise to by persistence of higher temperature and salinity of water during the spawning season. A large dose of KI is therefore recommended to be administered to the oysters when they are spawning in summer.

緒　　言

夏期の「マガキ」の異常斃死（Orton, J. H. の用語 unusual mortality に由来する）に関する問題を最初に論じたのは日下部台次郎で，昭和6年（1931）2月水産物理談話会で「垂下式養殖牡蛎の斃死について」の講演を中心に行われた。同氏は昭和5年の夏全国 21 ケ所で見られた「マガキ」の斃死の中で，夏期産卵に関係すると思われる 10 ケ所の斃死について，斃死の起る環境の共通性を指摘している。其の後妹尾秀実は三崎諸磯湾の「マガキ」の斃死原因を報告しているが，此は原因についてと云ふより環境状況の報告である。宮崎一老の神奈川県金沢に於ける「マガキ」の斃死の観察もあるが，全国的規模の下に実施された調査は，藤森三郎を中心とし，関係各県水産試験場が参加して行つた連絡試験で，昭和5年より昭和 11 年まで継続されたものであるが，此等の調査は斃死の現われる環境の調査を主とし，次に産地を異にする「マガキ」類似種について斃死状況の相違点を見ることであつた。著者は各種の薬品を「マガキ」の軟体に注射し，これによつて斃死率に差異が起るか否かを検討し，斃死の原因を究明するとともに，防止対策にまで進まんと企図し，予察的研究は日本水産学会誌第 14 巻 4 号に発表したが，その後の実験の結果と過去に行つた観察とをここに併記する。

本研究に当り種々助言を賜つた田内森三郎博士，懇切に指導された滝庸博士並に此の報文の校閲を賜つた寺尾新博士に深く感謝する。又実験に当り援助された浅見忠広氏，宮崎県沿岸漁業指導所小味山，三好，武田，米山，佐藤の各技師の好意に対し感謝する。

I.「マガキ」斃死の初期症状

J. H. Orton，はこの初期症状を gaping と云つているように，閉殻筋は僅かに弛緩して半開殻状態になる。両殻を圧すると殻を閉すが，長くは続かない。この状態を初期症と云う。

1）生殖素は雌雄共に受精能力があつて，正常の発生を行うが，卵巣中に多くの小胞が見られる（妹尾の知見と一致する)。

2）鰓 cilia の総ては普通に活動している。（鰓 cilia は visceral massが腐敗しているものにても通常の

活動を継続していることがある)。

3) 外套膜の tentacle は極めて鈍感で，殆ど各種の刺戟に無感応である。

4) 閉殻したまゝ持続する力が弱つている（閉殻筋の内平滑筋の収縮力が弱つている。横紋筋の反射作用は僅かながら残存している。これは平滑筋が一般に横紋筋より筋力に於て弱いためであろう), “gaping”状態にある「マガキ」を閉殻させるには，筋肉を直接に強く刺戟しなければならない。

5) 杆晶体 (crystalline style) はあるが，其の色は無色に近い（健全なものはやゝ褐色を帯びている)。

6) 消化盲嚢 (Digestive diverticula) は小さく且つ褪色して灰緑色のものが多い。消化盲嚢は細胞内消化器管であつて，餌料の種類によつて敏感に変化する。即ち

i) 「マガキ」を *Chlorella* 等の緑藻で飼育するときは退化して褪色する（池中養殖）

ii) Exviaella のような褐色，小型のものが多量に発生する海水中においては過度に発達して暗褐紫色を呈し，遂に崩壊して赤色粒を作る。(気仙沼湾，2，3，4 月頃)

iii) Diatom の多い所では濃褐色である。

以上のように外観上注目される点は，筋肉系統の異常であり，簡単に顕微鏡下で見られるものは卵巣中の小胞である。閉殻筋を切断することが「マガキ」の生命保持に重大な影響を与えることは次の実験で容易に知り得る。「マガキ」の軟体を殻より取り出す際，肉柱の両端と殻の附着部とを切断する時は，短期間内に斃死するが，肉柱の両端に殻の一部が附着したまゝに残しておけばカキは長期間生存し，外套膜より新な殻を分泌する。薬品を visceral mass に注射するため殻に孔を穿つが，この際に大きく殻をこわすことがある。かゝる個体に KI を注射したものの内で Visceral mass は殆ど「エビ」に食い取られていても，肉柱のみは健全なものがあつた例もある。

Ⅱ．赤水に於ける「マガキ」斃死時期の海況並に産卵

昭和 22 年度の部分的な資料を除いては，赤水の「カキ」養殖場の現場海況に関する充分なる資料はないが，近接する土々呂湾内の定置観測点の水温，比重を第三表に示す。(赤水より土々呂湾内の方が降雨の影響を敏感に示すようである)。昭和 22 年の夏は全般を通じて高温，高鹹であつた。昭和 23 年の 8 月中は高温，高鹹（26°C 以上比重 1.023 以上）が測定された日数は相当あつた。「カキ」の斃死が始つたと思われる 8 月 22 日 23 日頃が水温，比重共に最大であつた。その後降下し斃死の最盛期と思われた 8 月 28 日より 9 月 1 日迄の間は水温，比重共に降下している。昭和 25 年の 8 月は高温であつたが降雨が多かつたため，表面に関する限り低比重であつたが，表面近くに垂下してある「マガキ」に（極少量ではあるが）斃死しているのを見た。24 日頃より徐々に上昇して来たが表面の比重は決して大であつたとは云えない。この際 (24 日より 28 日の間) 表面近くに垂下されたものは全然斃死せず，水面下 80 糎以深に垂下してある「マガキ」は多量斃死した，そして第 5 表に示すように斃死水層は明らかに区別されている。これは表面は降雨のため底鹹であつたが，下層は外海の影響で稍々高鹹

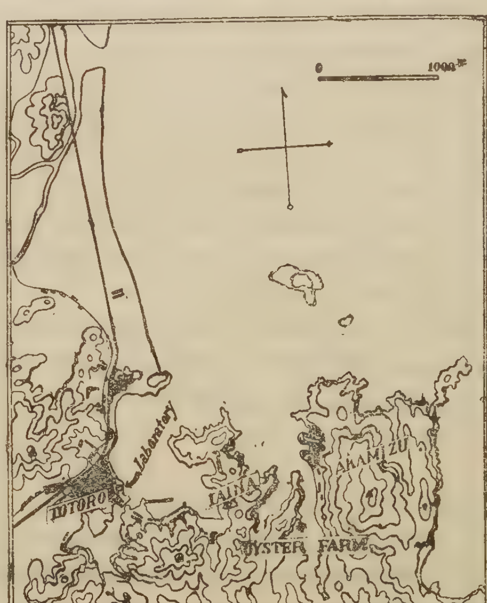


Fig. 1

にあつたと思うが一般に赤水養蛎場は比較的低い比重の時でも斃死が起こる。産卵状況について見ると，昭和 22 年では 8 月 25 日迄に産卵したものの割合が 28.5％，9 月 8 日には 70％となつているから，8 月 25 日より 9 月 8 日の間に大部分が産卵したと云える。昭和 23 年は 8 月 27 日より 9 月 1 日の間に多量産卵し，昭和 25 年は下層は 8 月 24 日より 28 日の間に，表層は 8 月 29 日より 9 月 3 日の間に殆ど完全に放卵した。此等の産卵時期と斃死時期とは極めて近接している。即ち「マガキ」は放卵直後急激に斃死したと考えられる。

夏期における養蛎場の Plankton について 2，3 の調査があるが，この時期は全般的に Diatom は少量である。昭和 25 年 8 月中の赤水養蛎場の Plankton の調査は第Ⅳ表に示しているように Copepoda 及び其の larva 及 Balanus larva が大部分で，少量見られた Diatom は附着性の colony を形成する種類のものである。9 月に Diatom が多量出現したが殆ど *Chaetocerue* であつた。

Ⅲ．「マガキ」の斃死に及ぼす “K ion” の影響其の 2.

昭和 22 年に実施した各種の薬品を「マガキ」の Visceral mass に注射したと同様な試験を昭和 23 年 8 月に実施した。前年の予察よりしてこの年は主として「K」化合物に重点を置いた。

1）実施材料及注射液

昭和 22 年松島湾で採苗した「マガキ」を昭和 23 年 4 月赤水に移殖し垂下養殖したものを 8 月中旬分離して，50 個宛 8 個の籠に収容したものを使用した。注射液は次表に示す薬品を自浄海水に溶解して作つた。難溶のものは沈澱を含んだまゝ使用した。各液の K 含有濃度は概ね 10％とし，1 回 1 個の「カキ」に対

試 薬 名	KNO_3	KI	KF	K_2CO_3	$K_2P_2O_7$	$(C_6H_5O_7)K_3$	$(COOK)_2H_2O$
重量 gr.	13.0	21.0	7.0	9.0	5.2	6.4	5.6
溶媒 c.c	50	50	50	50	20	40	40
備　考	—	—	—	難溶	—	—	難溶

し，0.3 cc. を注射した。従つて注射した K の量は 0.03 gr である。8 月 29 日第 1 回目の注射を行つた。この時既に斃死している「カキ」があつてその率は 0.5％であつたので，実験に使用した「カキ」の中にも或程度斃死攻進過程にあるものを含んでいたと考えてよい。

2）実験及び其の結果。

9 月 1 日斃死個数を調査し，死貝を取り除き第 2 回目の注射をした。9 月 9 日斃死数を調査して実験を終つた。其の結果は第一表に示した通りで，control と比較して斃死率を下げるに有効であつたと思われるものは KI で，有害と思われなかつたのは K_2CO_3 であつた。その他の K 化合物の影響は有効，有害の何れとも判定し難い。即ち多くの K 化合物について見るに「K」ion の有効性は疑問であるが，KI の形においてのみ有効であるらしく思える。

Ⅳ．「カキ」の斃死に及ぼす “K ion” の影響　其の 3.

1）実験材料及び注射液

昭和 24 年夏万石浦で採苗し，昭和 25 年 5 月赤水に垂下したものを使用した。8 月 1 日より 5 日毎に産卵状況及び斃死状況の調査並びに Plankton の定量を行つた。8 月 6 日及び 8 月 16 日に垂下連 1 本につき表面に近い部に 1 個宛斃死しているものを見た。8 月 23 日における斃死率は 0.16％で，精及び卵とも未放出であつた。かゝる過程にある「マガキ」を 8 月 23 日 3 室に区切つてある金網籠の各室に 50 個宛注射しながら収容して 7 組を作つた。各組に注射した薬品は次表の通りで，8 ケ月間貯蔵した自浄海水で溶解し 2 週間暗所に放置したものを使用した。K 化合物の各液の K の濃度は 4％とし，1 個体に 0.3 cc を注射

した。その他の薬品も 0.3 cc 注射した。

3) 実験及びその結果

8月23日 chlorophyllin を除く各薬品と自浄海水とを注射し，籠に収容して水深 130 cm. に垂下し8月

薬品名 Reagent	KCl	KI	$K_2P_2O_4$	KNO_3	Nicotinic acid	Chorophyllin YOKOHAMA
重量 gr	7.6	17.0	10.5	21.0	1	0.1
溶媒量 cc Soluvent	100	100	100	100	100	100

29日斃死状況を調査した。その結果は第Ⅱ表の通りである。8月29日第2回の注射をすると共に新に chlorophyllin を注射した群と control 群とを作つた。9月4日に斃死状況を調査し，control 群に個群に1個，chlorophyllin 群に3個斃死しているのを見た。垂下養殖のものには8月29日以降新に斃死したものはなかつた。尚8月29日より養蛎に陸上の草より取つた葉緑素や，褐藻の一種である「くろめ」等を粉砕したものを撒布したので，8月29日以降の斃死に関する調査は，全然別個の意味のものとなつた。かゝる条件のもとで chlorophyllin を注射した群に3個，率で6%の斃死は，この種の手術に伴う技術的欠点（例えば注射孔を作る場合に殻の破損が大きく，「カキ」の軟体部が「エビ」等に食ひ取られるとか薬液注入による機械的な軟体部の損傷）によつて惹起されたものと考える。即ち注射手術の技術的欠点によつて起る斃死を6%と推定する。今回の実験にて斃死防止に明らかに有効であつたと云えるものは「KI」のみで $K_2P_2O_4$ は或は有害でなかつたかと思われる。その他の薬品の影響は不明である。

V. 「マガキ」の異常斃死防止に対する「K」ion 注射の効果の吟味

昭和22年以来「マガキ」の斃死期に注射実験に使用した薬品は KI (5回), $K_2P_2O_4$ (2回), KF (2回), KNO_3 (2回), KCl (3回), $(COOK)_2H_2O$ (1回), $(C_6H_5O_7)K_3$ (1回), K_2CO_3 (1回), Vitamin B_2 (2回), 硅藻浸出液 (2回) 虹波 (1回) Nicotinic acid (1回) Chlorophyllin (1回) 自浄海水 (3回) 等であつた。以上の薬品の内斃死防止に常に有効のような結果が出たのは KI のみで, $K_2P_2O_4$ は第1回目は有効の如く第2回目は有害の如き結果を示し，Vitamin B_2 は2回とも有害のような傾向を示した。其の他の薬品は何れとも判定ができない。強いて云えば硅藻浸出液はやゝ有効かとも思える程度であるが，充分な証明はできない。従つて K ion の有効性は疑われる。予察的報告に於て，(KI+I) を注射した群より (KIO_3+KCl) を注射した群の方が斃死率が小であつたために，K ion の有効性を主張したが，これは明らかに誤りで，KI と I とを混合することによつて生じた発生機の「ヨード」が有毒的作用をしたため，斃死率を高めたと考うべきではないだろうか。従つて K ion 有効だと云う考は棄てて，4回に亘り常に有効性を示した KI の効果を吟味しよう。此の際注射手術に伴う原因で斃死するものを6%と推定し，3ケ年の結果を綜合すると次の表のようになる。

Date	(1) 7.25~8.24, '47			(2) 8.27~9.3, '47			(3) 8.29~9.1, '48			(4) 8.23~8.29, '50		
	alive	death	death %	alive	death	death %	alive	death	death %	alive	death	death %
KI. inject	26	6	18.8	28	11	28.2	48	2	4.0	47	3	6.0
Control	23	10	30.3	25	20	44.5	36	14	28.0	70	44	38.6
α (%)	15%			6%			0.5%			0.1%		
Q	0.307			0.342			0.806			0.815		

この表で見る様に連関係数 Q は相当大きな数値を示しており危険率 α は小であるから，KI は有効に作用したと考えてよい。KI の人体に対する薬学的効果は (1) 排尿及び代謝作用の促進，(2) 病的組織の破壊

（異化作用），(3) 病的組織の吸収の促進等である。これらから「マガキ」に於て同様に作用するとはいえないにしても，大体に於て代謝作用を促進するものと考えられるだろう。

VI. 夏期異常斃死の原因の考察と防止対策

夏「マガキ」が多量斃死するのは，その過程に緩急の差があつたり，誘発する転機には種々異なるものがあるにしても，何れの場合も主なる原因は同様であると考えてよい。今日迄に知られている斃死状況を記述すると，

1) 夏期水温が 24°C 以下塩分 33～34 ‰か又は水温 26～30°C 塩分 30～32 ‰以下の所では斃死しない。

2) 夏水温 26～32°C，塩分 33～35 ‰を示す所は必ず斃死し，産卵前，多量抱卵したまゝ，比較的徐々に斃死する（諸磯湾）。

3) 夏水温 26°C 以上塩分 32～34 ‰の所では環境が好転する時期即ち 8 月下旬乃至 9 月上旬放卵後のものが急激に斃死する（金済湾赤水）。

広島のものは (2) と (3) の混合と考えられる。（以上 (1)～(3) 日下部，藤森，横田）

4) 清水湾産の「カキ」のように何処に移殖しても産卵期が 10 月になるものには他の「カキ」の斃死している中にあつても斃死しない点より，斃死と産卵とは関係がある。（妹尾，日下部）

5) 伝染性ではなく，病原菌は見出されなかつた（Orton, J. H 妹尾，日下部）。

6) 卵巣の自家分解成分を健全な「カキ」の visceral mass に注射して gaping 状態の「マガキ」を作ることができた（横田）。

7) 夏期高温高鹹の所では「マガキ」の餌料に適する Diatom の発生量が甚だ少い（横田）。堀重蔵 Olympia Oyster の larva の人工餌育に当り，*Chlorella* や *Cryptomonas* のみを投餌するときは飼育後 10 日位より不健康となつて成長を停止し次第に死亡するが，多量の小形の Diatom を含む *Ulva* juice を投餌すると健全に発育するといつている点よりして，餌料としての Diatom は「カキ」の成長，生命保持に極めて重要なものであると云える。

8) 消化盲嚢 (Digestive deverticla) が褪色する（広島水試，横田）。

9) Orton, J. H. の説による斃死原因〔「カキ」の卵や精子が成熟しても，海水の比重や水温が不適当な場合には放出せずに再び体内で栄養に還元する。この生理的大変動を体内で無事に成し遂げ得ないときは漸次衰弱して遂に斃死する〕。

以上の記述と今日迄に明らかにされている，鰓の cilia（横田），心臓の鼓動（高槻）及開殻時間（Hopkins）等の生理作用と水温，比重の関係よりして斃死の原因を次のように推察する。

夏期高水温，高比重の環境にあつて「マガキ」の生理作用は不円滑である。此がため産卵，放精が抑制され，有害な自家分解物を作る。然るに環境の悪化と有用餌料の欠乏の為め，代謝作用が遅滞されて次第に自家中毒によつて衰弱して来る。此の集積によつて斃死する場合と，卵及精を放出することを転機として急激に斃死する場合とがある。

従つてかゝる状態にあるものに KI の如き代謝作用を促進し，異化作用を行う薬品を注射又は経口補給することによつて斃死率を減少し得るのではないだろうか。この仮定は更に充分検討されねばならないが，この考を更に進めて夏期 Diatome（附着性のものならば冬期多量に採集できる）を適当に養蛎場に撒布するか（乾燥品でもよいと思う）代用品として褐藻類の粉末を撒布することによつて栄養状態並に KI の補給を計り斃死の防止を講ずることができるのではないかと思う。

要　　約

1) 「マガキ」の夏の異状斃死の状況を環境条件たる水温，比重及餌，内的状態たる生理作用等より考察

した。

2）異状斃死防止に対する「K」ion 及び KI の注射効果を検討し，予報にて報告した「K ion」を有効とした判定は誤で，3 年間を通じて試験的に注射した 12 種類の薬品中，明らかに有効と思われたのは KI のみであつた。

3）KI 薬学的効果が人体に作用すると同様「マガキ」に作用するとすれば「マガキ」が夏期高温時の海域で異状斃死をするのは，栄養障碍や其の他の原因で代謝作用が渋滞することによるのではないだろうか？

引 用 文 献

1）A. E. Hopkins, (1931). Temperature and shnel movement of Oystrs. Bullc. U. S. Beau. Fish., 47

2）J. Hori, (1933). On the Development of the Olympia Oyster, *Ostrea luride* Carpenter, Transplanted from United States to Japan. Bull. Japanese Soc. Fish., **1**. 6.

3）広島県水産試験場　牡蛎の斃死調査に関する試験　水試だより 9 (1950).

4）〃　　牡蛎採苗時期の予報と成績　　〃

5）日下部台次郎　垂下養殖牡蛎の斃死について　水産物理談話会々報 **22** (1931).

6）J. H. Orton, (1923). Summary of an account of investigation into the cause or causes of the unusual mortality among Oysters in English Oyster bed during 1920 and 1921. Jour. Mar. Biol. Assoc. **13**.

7）S. Takatsuki, Contribution to the Physiology of the Herat of Oyster. **3**. Automaticity in the ventricle and Auricle of the heart as affected by the Temperature. Sci. Rep. Tôhoku Univ. Seris 4, **8**. 1

8）谷口利三郎「日本産緑牡蛎に就て」水産講習所験報告 **4** (1908).

9）水産試験場　連絡試験報告 (1936).

10）横田滝雄「マガキ」の生殖について　養殖会誌 **2**. 1

11）〃　　牡蛎の池中養殖について　水産研究誌 **26**. 4

12）〃　　「マガキ」の輪卵管繊毛について　〃　**30**.

13）横田滝雄，井上泰，沢登鉄郎「マガキ」異状斃死の防止に関する研究（予報）日本水産会誌 **16**. 4

14）C. M. Yonge, (1926). Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. Jour. Mar. Biol. Assoc. (2) **14**. 295

Table I.

No. of cage	Reagent injected	Individual for experiment	Numbers of died Oyster			
			1st. Sep.	9th. Sep.	Total	Rate
1	KI	50	4	1	5	10
2	$K_2P_2O_4$	50	8	2	10	20
3	KCl	50	8	4	12	24
4	Control	50	10	4	14	28
5	KNO_3	50	22	2	24	48
6	$(COOK)_2H_2O$	50	17	7	24	48
7	$(C_6H_5O_7)K_3$	50	11	6	17	34
8	K_2CO_3	50	30	1	31	62

Q=0.55
Q～coefficient of association

Table Ⅲ.

No. of cage	Reagent injected	Individual for experiment	Number of died Oyster			
			29th, Aug.	4th, Sep.	Total	Rate
1	KI	50	6	—	6	12
2	$K_2P_2O_7$	50	28	—	28	56
3	KCl	50	19	—	19	38
4	KNO_3	50	15	—	15	30
5	Nicotinic Acid	50	15	—	15	30
6	Auto-purified Sea water	50	15	—	15	30
7	Control	114	44	—	44	38.6
8	Chlorophylin YOKOHAMA	50	—	3	3	6.0
9	Control in cage	50	—	1	1	2.0

Q=0.67

Table Ⅳ. Number of Plankton collected in 100 l. sea water of the oyster farm in AKAMIZU.

Species \ Date		6th, Aug.	11st. Aug.	16th. Aug.	22nd. Aug.	6th. Sep.
Copepoda		80	1750	385	1050	600
//	larvae	300	3780	910	1575	750
Balaeus	larvae	80	245	—	70	150
Oyster	larvae	—	105	15	—	—
Echinodermata	larvae	—	35	—	—	—
Polychaeta	larvae	—	140	—	—	170
Tintinnopsis	SP. P.	280	385	—	400	340
Ceratium	SP. P.	—	15	—	350	150
Peridinium	SP. P.	80	20	—	—	350
Biddulphia	SP. P.	280	—	35	315	360
Chaetoceras	SP. P.	160	87	70	175	41500
Coscinodiscus	SP. P.	80	—	—	—	360
Thalassiothrix	SP. P.	80	—	—	290	3500
Stephanopyxis	SP.	160	35	15	—	—
Pleurosigma	SP.	—	—	—	—	160
Dauderia	SP.	—	—	—	—	830
Melosira	SP.	—	—	—	—	180
Asterionella	SP.	—	—	—	—	1200
Nizschia	SP.	—	—	—	—	180
Bacteriastrum	Sp. P.	—	—	—	—	360
Trichodesmium	SP.	80	—	15	70	—

Table Ⅲ. Water temperature (T) and Specific gravity (sp. gr) of the oyster farm in AKAMIZU, City NOBEOKA or it vicinity, spawning and Mortality of the Oyster.

Year / Date	Oyster farm 1947				Oceanographical station in the TOTORO BAY 1948					1950				
	T	SP.gr.	spawning	mortality	weather	T	SP.gr.	S	m	weather	T	SP.gr.	S	m
7 28	26.8	15.60			○	27.3	21.24			◎	24.2	14.61		
29					○	27.9	22.08			◎	27.4	5.47		
30					○	26.8	21.48			◎	24.6	6.07		
31					◎	27.2	21.99			◎	25.4	4.10		
8 1					○	27.0	25.22			◎	25.5	4.83		
2					◎	26.2	22.59			◎	27.0	4 57		
3					◎	26.6	22.83			○	26.6	9.62		
4	26.8	19.49			○	26.2	24.27			○	26.3	13.71		
5					○	28.0	23.15			⦶	27.4	14.96		
6					○	28.2	24.02			◎	28.8	15.50	befor spawning	
7					○	27.8	23.37			●	28.1	17.53		slight mortality 0.17% in rat upper water layer
8					◎	27.2	23.00			●	28.0	17.60		
9	27.9	22.76			●	26.0	24.23			⦶	28.7	16.20		
10					⦶	26.4	21.82			●	26.8	15.48		
11	28.5	22.75			◎	27.0	19.27			⦶	27.7	19.12		
12				mortality 0.2% in rate a upper water layer	◎	26.6	19.76			◎	27.4	18.59		
13					○	26.0	21.00	befor spawning	silght mortality 0.5% in rate upper water layer	◎	25.8	9.20		
14					○	27.0	22.09			◎	25.2	2.03		
15					◎	27.9	22.12			●	23.9	1.85		
16			before spawning		⦶	28.0	22.35			⦶	27.3	6.45		
17					○	27.8	21.55			⦶	27.0	12.65		
18	26.5	23.42			◎	28.0	21.58			●	25.6	12.77		
19					○	28.4	21.89			●	25.5	10.15		
20	26.7	22.77			○	28.8	22.30			◎	26.9	10.84		
21					◎	27.2	22.91			○	27.8	11.96		
22					○	28.6	24.51			○	27.0	13.53		
23					◎	27.5	24.54			⦶	28.4	15.68		
24					⦶	27.2	24.14			⦶	26.8	15.87		
25	26.6	23.68			●	26.6	22.83			⦶	27.0	17.50	spawning occured	heavy mortality occured 38.6% in rate middle and lower layer
26					●	24.7	12.43			⦶	26.6	18.61		
27	29.0	24.84			⦶	26.2	11.55		heavy mortality 28% in rate	◎	26.3	19.41		
28					⦶	26.2	22.99	spawning occured		◍	27.2	18.63		
29					◎	24.7	14.06			○	27.8	20.34		
30			spawning occured	heavy mortality occured 45.910 in rate	○	25.5	16.29			○	26.3	20.23		
31					◎	27.2	18.43			◎	26.0	20.33	after spwning	
9 1	28.6	23.48			●	26.8	19.03			◍	28.5	21.88		
2	27.9	23.46			◎	26.4	13.62			○	28.2	21.97		
3	28.6	23.77			○	26.9	13.78			◎	29.4	20.80		
4	28.2	23.46	after spawn		○	27.2	14.33	after spawn		○	27.0	20.83		
5	27.9	23.85			○	27.0	15.87			◎	26.3	20.55		
6	27.8	22.15			◎	28.6	19.68			○	27.4	16.41		
7	28.0	22.25			○	28.4	19.68			◎	27.2	17.05		

Table V. Mortality of the Oyster in the AKAMIZU Oyster Farm (5th, September 1950. Observed by Taichi KOMIYAMA.

No. of Position / Depth cm.	1		2		3		4		Sum		Rate of	
	alive	death	alive	death	alive	death	alive	death	alive	death	death%	
0	15	0	28	0	15	0	21	2	79	2	301	alive
20	17	0	21	1	12	0	17	1	67	2	28	dath
40	17	0	34	4	2	0	10	3	63	7		
60	9	1	12	6	4	1	8	1	33	9	8.5%	rate
80	19	2	8	1	7	1	25	4	59	8		
100	14	3	6	3	5	10	12	5	37	21		
120	5	6	4	9	7	0	2	2	18	17	171	alive
140	6	5	2	5	1	3	5	4	14	17	227	dath
160	0	6	4	15	3	6	9	3	16	30		
180	1	2	3	9	3	9	8	5	15	25	56.5%	rate
200	5	11	4	4	4	2	13	29	26	46		
220	3	2	4	5	3	7			10	14		
240	5	7	3	8	4	2			12	17		
260	4	6	2	7	4	2			10	15		
280			12	5	6	6			18	11		
300					3	9			3	9		
320					3	7			3	7		
Sum	120	51	147	82	86	65	130	59	483	257	34.7%	

海藻胞子の發芽，生育に及ぼす光の影響に關する二，三の実験

新 崎 盛 敏
（東大農学部）

An Experimental Note on the Influence of Light on the Development of Spores of Algae

Seibin ARASAKI

The spores of several algae (4 spp. in *Chlorophyceae*, 3 spp. in *Phaeophyceae* and 3 spp. in *Rhodophyceae*) were cultured in the labcratory under those different light-condions as follows:

1. Concerning to the light intensity; A) in full sunlight through a window glass, avoiding the direct rays, B) under a shade of one sheet of white cotton-cloth, C) under a shade of three thicknesses of white cotton cloth.

2. Concerning to the quality of light; under a colour filter using the solution of red, brown, yellow, green, blue, and violet colour pigments.

3. Concerning to the duration of light; A) long-day, 24 hours, B) normal-day, 10—12 hours, C) short-day, 8 hours.

Results, shown in 1—5 tables, might be summarized as follows:

a) When kept in darkness, the spores of green algae did never germinate nor grow into two-celled sporelings for more than 1.5 years, while most spores of brown-or red-algae did slowly germinate. In decreased light, the growth of sporelings of green algae were greatly retarded, while those of brown-or red-algae were rather accelerated. But one exception in green algae was observed, i.e. the sporelings of *Monostroma* grew more slowly in decreased light (B-condion) for about two weeks after germination, but there-after they set in faster growth then in full sunlight.

b) The sporelings of green algae grew more rapidly under yellow, red, or blue light than under brown or green light.

c) The spores of *Enteromorpha* germinated and developed more rapididly in the long-day condition. With *Monostroma*, however, the germination and development in the earlier stage were faster in the normal-day condittion, but after a while, more rapid growth and richer formation of spores were reversly found in the short-day condition.

海藻胞子の発芽，生長の速度が外囲条件の影響を強くうける事は周知の現象である。中でも光条件が特に強い影響を与えるが，之に関した実験結果を茲に報告する。

胞子は通常の方法でスライドガラス上に採集し，之を 150—200 cc の清海水又は Erdschreiber 溶液による栄養塩添加の海水を入れた硝子容器中で培養する。直射日光をさけ乍ら成るべく窓近くの明るい場所に容器を夫々近づけて置き，ただ光条件だけを違える様にして温度，塩分濃度は同一になる様に注意する。

1. 光の強さ，明るさの影響：(A) 無処理の天然光，(B) 白綿布1枚で作つた覆を被せる。(C) 白綿布3枚を重ねて作つた覆を被せる。

1953 年 6 月 10 日受理 （印刷費負担）

適当な測光器を欠くので各条件下の光量又は其の比を知る事が出来なかつたが之等の異る光条件下で，緑藻のアオノリ属4種，ヒトエグサ2種，褐藻のハバノリ，セイヨウハバノリ，アラメ，紅藻のフクロフノリオゴノリ，イトフノリ等の有性胞子又は無性胞子を培養した。A, B, C 何れの光条件下でも胞子の放出は同様に見られた。胞子は最初は球状で，発芽すると長楕円になり，やがて分裂を始める。以後細胞分裂を繰返して，各種特有の形態をとり乍ら成長する故，生育速度の表現が一様には行かぬ。それで表現には，最初は胞子の直径を，長楕円になつたのはプラニメーターで面積を計つた後で同面積を有する円に換算した時の直径を，分裂した物は細胞数を以つて現わすことにした。また時には，存在する胞子総数に対する2細胞以上に分裂した発芽体数の百分比をとり，発芽率として生育度を判定した場合もあつた。

結果は第 1～3 表の様になつた。

之等で見られる様に光の強弱に対する反応は種類により少し宛違うが，概括的に云つて緑藻は敏感で褐藻紅藻はそれ程敏感でないと云えよう。緑藻の胞子は（C）の弱光下では発芽が著るしく害されるが，褐藻と紅藻の胞子は弱光下でも発芽阻害は余り見られない。又発芽体の生育も緑藻では明るい処程速いが，褐藻と紅藻では明るい処よりも（B）の様な稍弱光の方が速い。然し緑藻の中で特異なのはヒトエグサで，発芽には光が必要で亦其後2週間までは明るい処の方が生育が速いのに，2週間過ぎた後は却つて（B）光下のが速く生育した。なお表示はせぬが，黒布又は暗箱中に入れて培養すると，緑藻の胞子は（ヒトエグサも同様）凡べてが発芽せずに休眠し，長い間眼点が消えずに残り，色素粒にも変化がなく，容積も殆んど大きくならずにいる。3カ月位たつと眼点は消え，色素体も発達するが細胞分裂は見られず，少し厚くなつた細胞膜を被つて休眠し続ける。6ケ月位は殆んどすべての胞子体が死なずに休眠し得るが，其後では死ぬのが増えて行く。然し 1.5 年位も暗光下においた後で，正常な天然光下にもどすと正常に発芽，生長するのがかなりあつた。之に対し，褐藻や紅藻では暗光下でも若干の胞子は速度はおそい乍らも正常に発芽，分裂するが，1ケ月位たつと大部分の胞子は発芽せずに死んで了つた。又アオノリ類では細胞内容殊に色素体の発達は明るい処で良好で濃緑色を呈するのに対し，弱光下では内容が顆粒状になり，色も淡く，細胞膜が厚くなる傾向がある。此点でも褐藻や紅藻，又緑藻であり乍らヒトエグサ等ではアオノリの場合と違い，明るい（A）下よりも少し弱光の（B）下の方が色素体の発達良く濃色を呈した。然し夏の間は，何れの場合でも皆同様に天然光下では死ぬ物が多いが，(B),（C）の様な弱光下では生残る率が多く，之等休眠越夏した物は秋になると旺盛な生育を取戻した。そして休眠越夏の形態は種類によつて違い，緑藻では未発芽の単細胞の状態か発芽体その物が伸長せずにいるかどちらかであるが，褐藻では発芽体中の個々の細胞が厚膜になり，休眠後条件が良くなると各細胞が独自に成長した。又紅藻では発芽体が全体として伸長を止めるが条件が良くなるとそのまま成育して行つた。

なお緑藻類の胞子は活潑に泳ぎ，走光性を有して光のさす方に集ることが多く，殊に配偶子においてその性質が強く接合し得なかつた物は長時間泳いでいる。（B）下の場合も，天然光下よりは劣るが，走光性を示して光のさす方に集るが，（C）下でに走光性は極めて弱くなり，更に黒布の覆をしたり，暗箱中に入れた場合には走光性は全く見られず，器底全面一様に散布して着生する。又放出された胞子の游泳時間も弱光下や暗処では短くなる傾向がみられたが，接合は影響されず異性の両配偶子を混ぜると暗処でも接合子の形成がみられた。

2. 光の質，色の影響：詳細厳密な実験を行うには装置の適当なのがない為め，極簡単なことしか行えなかつた。マヂツクダイと云う市販の水溶性粒状色素を蒸溜水に 0.1～0.5% になる様にとかす。大型の円型ガラス深皿に少しく小型の深皿を入れ二重壁を作る（間隙は約 1 mm～1.5 mm），此間隙を所要の色調水で充たして filter を作り，内側の小皿に海水を入れて胞子を培養し，天然光下に放置するが，蓋は黒くして胞子に達するのは二重壁の filter を通つた色光だけにする。なお透過光波長の測定された旭ガラス会社製の filter を使つて装置を考案し，培養してみたが，光量が不足するのか殆んど生育しなかつた。

緑藻のヒトエグサ，ウスバアオノリ及びアオサの胞子で行つた実験結果は第4表の様であつた。

Table 1. Infulence of light-intensity on the development of spores or sporelinge in *Chlorophyceae*.

Monostroma nitida

condition / days	A	B	C
0	5.7	5.7	5.7
4	6.3	6.1	5.9
11	7.6	7.3	7.1
17	8.3	9.1	8.0
27	10.3	11.1	10.6
43	11.0	11.9	10.9

(exp. from Ⅰ—27, 43)

0	15.7	15.7	15.7
5	18.3	16.8	16.7
12	21.1	19.0	18.3
35	22.6	23.4	20.0

(exp. from Ⅲ—8, 42)

0	20.5	20.5	20.5
5	23.7	21.8	21.7
14	24.9	30.1	23.8
28	29.4	31.0	26.0

(exp. from Ⅳ—23, '42)

Enteromorpha Linza

0	5.0	5.0	5.0
2	6.2	5.3	5.0
8	7.8	7.3	5.0
14	9.3	8.2	5.5
30	11.4(85)	10.0(2)	6.5(0)

(exp. from Ⅻ—14. '42)

Enteromorpha prolifera

0	4.9	4.9	4.9
3	10.1(6)	8.3(0)	7.6(0)
7	**7.6**(100)	10.6(29)	8.2(0)
11	——	11.2(50)	8.4(0)
20	**17.6**(100)	**2.5**(100)	9.4(0)

exp. from X—22. '40)

Remarks.

(a) figures without any remarks——diameter in μ of spores or sporelings.

(b) figures in ( )——ratio of germinated sporesporelings in %

(e) figures in gothic type——number of cells of sprelngs.

Table 2. Influence of light-intensity on the development of spores or sporelings in *Phaeophyceae*.

Endarachne Binghamiae

condition / days	A	B	C
0	4.4	4.4	4.4
8	10.2	12.4	7.7
21	**2.3**	**3.9**	**2.6**
35	**2.5**	**4.0**	**3.8**

(exp from Ⅰ—10. '43)

Ilea fascia

0	4.9	4.9	4.9
8	14.2	15.2	13.8
21	**4.6**	**2.6**	**2.4**
35	**9.0**	**6.0**	**3.3**

(exp. Ⅲ 21. '43)

Eisenia bicyclis (spores)

0	5.7	5.7	5.7
7	11.7	12.8	13.0
25	**4.2**	**5.2**	**4.0**

(exp. from. Ⅹ—'54)

Eisenia bicycils (sporop hyte)

0	**1**	**1**	**1**
80	**11.0**	**37.5**	**4.5**

(exp. from. Ⅶ—8 ·45).

Table 3. Influence of light-intensity on the development of spores or sporelings in *Rhodophyceae*.

Gloiopeltis furcata

condition / days	A	B	C
0	28.8	28.8	28.8
3	33.8	35.3	34.4
5	**14.3**	**8.3**	**6.0**
9	**17.8**	**21.9**	**3.5**
15	**26.4**	**33.0**	**3.6**

(exp. from IV—2. '42)

Gracilaric confervoides

0	1	1	1
5	14	8	3
10	20	22	3
15	24	30	4

(exp. from Ⅵ—2 '43)

Gloiosiphonia Capillaris

0	10.2	10.2	10.2
6	10.3(0)	12.4(26)	12.9(36)
27	2.7(20)	5.3(98)	7.1(72)
35	4.7(61)	9.6(100)	15.0(100)

(exp. from Ⅰ—15. '42)

赤から紫に到る六原色のどの色光下でも発芽，生育して，夫々の影響が余り明瞭でないが，黄，赤，青又は紫の色光下では褐，緑色光下に比し良好な様に思える。実験装置が不完全なので明確には云えぬが，従来 Richter や Seybold 其他により報告されている同化作用に就いての研究結果と大体一致する様である。

なお褐藻のハバモドキ，イロロ，アラメ及び紅藻のフクロフノリ，オゴノリ，メクサ等でも少し実験し，之等では逆に青，紫，緑等で発育が良好らしい様に思え，片田がマクサで行つた実験結果とほぼ一致したが詳細については略する。

Table 4. Influence of colored light on the development of spores and sporelings in *Chlorophyceae.*

Monostroma nitida

days	Control	Red	Brown	Yellow	Grene	Blue	Violet
0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
7	7.9	7.3	7.3	7.3	7.6	8.0	7.9
14	8.4	8.0	8.0	8.0	7.8	8.0	8.2
45	10.4	9.7	10.2	10.8	9.2	10.0	9.4

(exp. from Ⅰ—27. '43)

Enteromorpha Linzo

days	Control	Red	Brown	Yellow	Grene	Blue	Violet
0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
5	5.1	5.5	6.1	5.7	5.8	6.3	6.2
9	7.7	8.2	8.5	8.4	8.5	7.8	9.0
20	23.1(10)	18.0(30)	13.5(0)	15.7(60)	15.2(20)	22.0(25)	37.8 (100)

(exp. from. Ⅻ—24 '42)

Ulva pertusa

days	Control	Red	Brown	Yellow	Grene	Blue	Violet
0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
9	7.8(0)	11.6(12)	10.1(0)	11.6(10)	10.5(0)	10.8(7)	10.5(10)
20	20.5 (100)	3.8(100)	1.2(20)	9.4(100)	2.0(100)	3.5(100)	1.5(40)

(exp, from Ⅹ.20. '42)

3. 受光時間の影響：陸上植物の花器形成に関係ありとされる光週期に準じて，一日中の受光時間の長短を調整して次の様にした。(A) 長日処理. 日没後 100W の電灯で，30～40 cm 上方から終夜照射し，日中の天然光に追加した 24 時間受光 (B) 朝 9 時頃から日没まで天然受光下におき，夜間は黒布でおおうか又は暗箱中に移す 10～12 時間受光，(C) 短日処理. 朝 7～9 時から午後 3～5 時までを天然光下におき，其後は黒布でおおうか又は暗箱中に移す 8 時間受光。

ヒトエグサとウスバアオノリについて行つた実験結果を第 5 表にあげる。褐藻や紅藻のについても行つたが，実験例少くなお検討を要する処があるので略す。

之で見られる様に，此場合にもヒトエグサとアオノリとでは影響され方がちがう。アオノリでは受光時間が長い程発芽，生育が速いが，ヒトエグサでは初期の間は平日の天然受光時間の方が其後には短日処理の方が良く，殊に色素体の発達には著るしい差が見られた。なお夏季における実験では短日処理の影響が顕著に現われ成長も速く，色素体の発達も良く，游走子や配偶子の形成が豊富に且つ速く行われた。9 月末頃室温が 25° C 以下になると平日処理でも勿論胞子形成がみられたが，短日処理では遙かに多量に見られた。長日処理でも 9 月下旬頃になつて漸く少数の物には胞子形成がみられた。短日処理による胞子形成の促進現象を以つて，ヒトエグサを "短日植物" とする事は語句の使い方になお検討を要する処がある様に思えるが，ヒトエグサの出現が天然においても 9 月末頃からが多いと云う事と関連して，生態的にみても興味あることで

ある。然しヒトエグサ胞子培養体が胞子を形成する際には光条件の外に温度条件もまた大きく影響するもので，短日処理を行つても夏季の 28～30°C 又はそれ以上の高温時，冬季の 10～20°C 又はそれ以下の低温時には，胞子形成が全く見られなかつた。

摘　　要

1) 海藻胞子の発芽，生育には明暗，色，受光時間の長短等光の条件が強く影響するが，其度合は緑藻，褐藻，紅藻によつて相違がある。

2) 緑藻では明るい処程良く，暗処では胞子は発芽せず長期間休眠し得るが，褐藻や紅藻では暗処でも発芽し，又生育も少し弱光下の方が良好である。

3) 緑藻の中でもヒトエグサの胞子は特異で，発芽には光を要し，又発芽体も初期の間は他の緑藻と変らぬが，生育や胞子形成には弱光下が良好で，又短日処理により成熟が促進される。

擱筆に当り，御支援下さつた三宅驥一，雨宮育作国枝博，なお光について御助言下さつた田内森三郎の諸先生に対し深謝する。

文　　献

1) 新崎盛敏：水学報，8(3—4)：290—297(1941)；生物，1(5—6)；281—287，(1946)；日水会誌，15.(3)；137—143 (1949).

2) 片田実；日水会誌，15(7)，359—362(1949).

3) 坂村徹："植物生理学（Ⅰ，Ⅱ）"，増訂改版，裳華房 (1951).

4) 吉井義次："植物生態学実験法"，建文館 1937;

5) Cemin, M. E.: Rev. gen. Bot. 49；510—127 (1937).

6) Smith, G. M. etal.；"Mamual of phycology" Chronica Bot. Co. New york (1951).

Table 5. Influence of photoperiodism on the development of spores or sporelings in *Chlorophyceae.*

Monostroma nitida

condtiion / days	long-D.	normal-D	short-D.
0	5.4	5.4	5.4
4	6.0	6.0	6.1
10	6.7	6.9	6.9
17	8.9	9.3	9.7
25	11.2	10.5	11.9
43	14.9	16.8	15.8
(exp. from Ⅱ—14. '43)			
0	14.2	14.2	14.2
5	15.0	15.5	15.1
14	16.6	18.3	21.6
22	17.7	20.8	26.4
35	17.7	25.1	33.4
(exp. from Ⅳ—23 '42)			
0	19.8	19.8	19.8
5	20.9	20.6	20.5
14	25.2	30.2	33.1
25	28.3	23.8	41.7
35	30.5	died	51.8
(exp. from Ⅷ—4 '42)			
Entermorpha Linza			
0	5.6	5.6	5.6
4	7.3	7.8	6.9
7	9.7	9.3	8.6
13	3.2(100)	2.9(100)	2.0(100)
(exp. from Ⅱ—17. '43)			
0	1.3	1.3	1.3
4	3.4	2.3	2.1
13	9.7	6.6	4.2
25	21.6	20.2	20.0
(exp. from Ⅱ—17. '43)			

テングサの増殖に関する研究—V. マクサの胞子放出について (1)*

片田 実・松井敏夫・中務恒太郎・湖城重仁・三浦 昭
(農林省水産講習所増殖学科)

Studies on the Propagation of *Gelidium*—V. On Shedding of Spores of *Gelidium Amansii* Lmx. (1)

Minoru Katada Toshio Matsui Tsunetaro Nakatsukasa
Jujin Kojo and Akira Miura

Suto (1950), in his interesting studies of spores of *Gelidium* and other algae, pointed out that " Shedding of *Gelidium* occurs daily in the afternoon, and such periodicity in shedding is seen in many species."

In present study, the shedding of *Gelidium Amansii* Lmx. has been investigated during the past three years at Yoshimi, Yamaguchi Pref., Japan. The results are as follows:

The shedding of this species occurs daily within a few hours as mentioned above, but the shedding time of carpospores is earlier and shorter than that of tetraspores (Fig. 1). And then the shedding time in either kind of the spores changes gradually with the advancement of seasons —— from June till November ——, as shown in Fig. 2.

須藤[1]は「マクサ始めオヽブサ，ユヒキリ等のテングサ類の四分胞子及び果胞子の放出は毎日 16 時を中心としてその前後数時間に亘つて行われ，それは光の或る程度以上の累積作用に因るものであろう」と報じた。この現象は一度に多量の胞子を入手するために意義が大きいと思われたので，筆者等は下関市吉見水産講習所実験室に於いてマクサ *Gelidium Amansii* Lmx. を材料として 1950 —— '52 年の間その日週期的放出を追求した。その結果放出時刻は胞子の種類によつて，又時期によつて相違することを確かめたのでこヽに報告する。

実験方法

マクサの成熟期である 6～11 月の間附近岩礁の略一定の場所，水深（大干潮線下 1～2 m）で朝採取したマクサ成熟体を海水に容れたまヽで迅速に実験室に持ち帰り，清浄な海水を満した硝子容器の底にスライド硝子又は正方形の硝子板を置き，よく洗滌した母藻を浮べて胞子を放出させ，着生数を数えた。着生並びに計数の方法は次の二法によつた。

静置法：静止海水中で放出着生させる方法であるが，胞子の着生が甚だ不均一であるので，検鏡に方り 1 枚のスライドにつき 3 つの代表的な着生集団を捉え，各ヽについて一定倍率の一視野中の数を数え，之を 3 枚

1953 年 5 月 6 日受理（印刷費負担）
* 農林省水産講習所研究業績第 34 号

のスライドについて行い，数値の大きなものから5箇をとり，それ等の平均を以て放出比較値とした。第1年度はすべてこの方法によつた。

攪拌法：自働装置の遊動板を以て放出胞子が均等に撒布するように海水を極く緩く攪拌し，一定時間後母藻を採り上げ，静置して胞子が底の正方形のガラス板に完全に附着した後検鏡して着生胞子を数えた。その際メカニカル・ステージで一定の長さを移動させつゝ接眼ミクロメーターの或る幅に入る胞子を数え，これを1~2条縦横十文字に行い，その平均を以て放出量の比較値とした。第2，3年度はこの方法によつた。

次に供試株数であるが，須藤も述べた様に放出時刻の個体差が相当大きいので，第1年度に於いては数株から夫々枝の一部をとり，之等を合して浸漬したが，第2年度では母藻を1株とし，実験を出来るだけ頻繁に行つた。又浸漬時間に就いては第1年度には1~3時間の浸漬を1日中連続して行つたが，これでは放出の頂点を捉え難いので，第2，3年では10~30分として断続的に実施した。

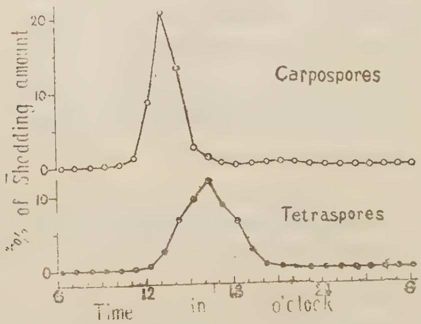


Fig. 1 A typical example on the change of the shedding amounts of spores of *Gelidium Amansii* in a day. 100%=Total amount in a day.

結　　果

第1図に四分胞子と果胞子の放出経過の1例を示し，第2図に各年度全実験の放出時刻とその頂点を示した。これ等から以下の結果が得られた。

1) 両胞子とも一日の中或時刻に一度に多量放出され，他の時刻には極めて僅かであることは，須藤の述べた通りである。そして果胞子の方が放出時間が短く，放出の山が高くなる傾向がある。2) 両胞子とも時期によつて放出時刻が変化し，8月中頃を軸として略ゝ対称の曲線になるが果胞子は常に四分胞子より放出時刻が早い。そのずれは8月で2~3時間位，6月末及び10月始めに6~7時間位である。3) 四分胞子では10月以降は1日に2~3回の放出が現われ日週期が乱れて来る。4) 以上の他両胞子共放出時刻が8月中頃にその前後よりやゝ遅れるらしいことや，年によつて幾分ずれがあるらしいことがうかがわれるが，これらについてはなお検討を要する。

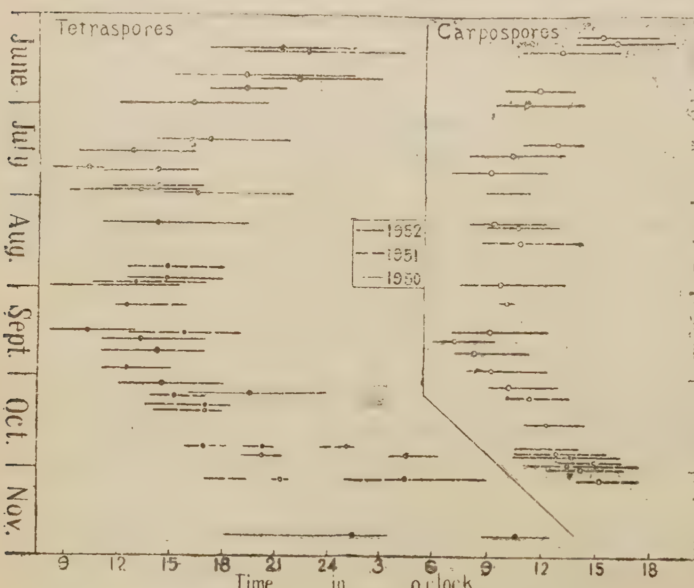


Fig. 2 The seasonal change of the shedding time of spores of *Gelidium Amansii*.

考　　　察

須藤[2]は一般に海藻の胞子放出の主因として胞子の成熟の週期性をあげ，次に第2次的要因として放出条件の週期性を挙げている。所でマクサに人為的な外囲条件を与えて放出時刻を大きく変えようとする試みには須藤も筆者等も成功していない*。それ故須藤の言う「或る程度以上の光の累積作用」のようなものが放出条件として存在するとしてもそれは簡単な実験では認め難い程度の弱い力でしかないと思う。その反面成熟の週期性と言うも外囲から完全に独立したものであり得るか否かは疑問である。筆者はマクサの胞子放出の誘因と時期的変化の原因について種々考察を試み，幾つかの仮説を持つたが，確実な結論を出すには実験が充分でないので現在迄行つた考察の結果を略述するに止める。

（1） 水温の最高の頃と放出時刻の最も早い時期が一致しているが，前述の様に水温は直接放出時刻を左右するとは思えない。その上日週期的な変動に直接作用する因子は当然日週期的変動を持つている筈であるが，水温の日週変動は微小で而も海況気象に左右されることが著しく大きい。（2）光の「累積作用」が直接放出の刺激になるとすれば「日の出時刻」が関連しそうなものであるが，これは夏至を頂点として其後一方的に遅くなる故放出時刻の変動と一致しない。（3）しかし「早熟や晩熟のマクサ」**では放出要因に対する感応度が鈍いとすればそれが放出時刻の曲線的変動となつたのではないかと言う考え方もあり得るであろう。（4）次に或日の放出の頂点となる時刻から翌日のそれ迄の間隔時間（放出週期）と言うものを考えて見ると初め放出時刻が進むのは放出週期が 24 時間より短いからであり，後に遅くなるのは 24 時間より長いからである。従つて一見複雑な放出時刻の変動も結局放出週期の一方的且略々直線的な変動に帰せられるのではないかとも考えられる。仮にそうだとするならば次は放出週期の変動が自律的なものか，或は何らかの外囲条件に支配されているものかと言う問題になる。（5）その場合外囲条件として水温の高低変動は全く関連が認められないが，一日の光エネルギー総量乃至日照時間は或る程度関連があるかも知れない。と言うのは，日照時間は夏至を頂点として冬至迄一方的に短縮し放出週期の変動と逆の関係になつているからである。（6）一方自律的なものと考えた場合は早熟のものは放出週期が短く，晩熟のものは長いと言うことにでもなるのであろうか。

以上の他種々の検討がなされたが，この問題を解決するため必要な多くの実験の中，もつとも基本的なそれは同一マクサの放出を自然条件下に，或は人為的条件下に長期に亘つて追求することであろう。今後好機会を得てその様な実験を試みたいと希つている。

終りに懇切な御教示を頂き且つ本論文を御校閲下された瀬川宗吉博士並びに極めて有益な御意見を与えられた小島均博士に厚く御礼申し上げる次第である。

文　　　献

1） 須藤俊造：日水会誌，15，671～673 (1950).
2） 〃 ：日水会誌，16，1～9 (1950).

---

* 水温・比重・光線等の変動や陰干刺激の放出に及ぼす影響については後報する。

** 「未熟や過熟のマクサ」とも考えられるが，6 月から 11 月迄引続いて実を持つているものはないと思われたので早熟，晩熟とした。

抗菌性魚油による漁網の防腐試験（豫報）

富安行雄・豊水正道
（九州大学農学部水産化学教室）

On the Preservation Test of Fish Net by Antibiotic Fish Oils (Preliminary Report)

Yukio TOMIYASU and Masamichi TOYOMIZU

The antibiotic sardine oil, which was prepared by adding M/10 Cu-stearate or by blowing oxygen at 100°C in the presence of M/100 Co-stearate or m-nitroaniline to the oil, was utilized in the treatment of netting cord.

Some effects on the preservation were recognized (Fig. 1, 2), but further studies on the dilution reagents of dye and on the drying of net are required to obtain satisfactory result.

漁網の防腐剤として脂肪酸の銅塩を用いる試みは古くから行われている[1-3]。然し是等は孰れも銅塩のみの作用を利用するために比較的高濃度を必要とする。

著者等は魚油に微量の銅塩を添加すると抗菌作用が出現し，是は魚油中の不飽和脂肪酸に基くもので，且つ不飽和度の大なるもの程抗菌力が大であることを究明したので[4]この原理を応用した。

試　験　I

供試網絲：綿絲 20 番手。

試 験 地：千葉県館山市東京水産大学実習場棧橋沖。

試験期間：昭和 26 年7月 23 日より 10 月 11 日迄（80 日間）。

染付方法：1. ステアリン酸銅を M/10 になる如く添加した鰮油（沃素価 162.0）で 80°C に於て 30 分間染付。2. 硫酸銅を M/10 になる如く添加した鰮油で 80°C に於て 30 分間染付。3. 鰮油で 80°C に於て 30 分間染付。4. カッチ染後重クロム酸加里及び硫酸銅溶液で固定。5. 無処理素絲。

結　　果：上記5種の綿絲の海水浸漬中の抗張力の変化を測定した結果を第1図に示す。ステアリン酸銅を M/10 になる如く添加した鰮油で染付た綿絲はカッチ染付よりも勝れているが鰮油のみ及びステアリン酸銅の代りに硫酸銅を添加した鰮油で染付けたものは共に防腐効果が小であつた。

本染料に於てステアリン酸銅の所要濃度を決定する為にステアリン酸銅を M/100, M/10 及び M/2 になる如く添加した鰮油の防腐効果を実験室に於て恒温器中に 25°C に保つた海水中で浸漬試験した結果上記3種の濃度では抗張力の変化の差異は認められなかつた。

試　験　II

試験 I に用いた染料は乾燥が悪い欠点があり且つ魚油に銅塩を添加して出現する抗菌作用は魚油の酸化に基くことを知つたので鰮油に酸化剤を添加して乾燥酸素を吹込み酸化する方法[5]を用いた。

供試網絲：試験地：試験 I と同じ。

試験期間：昭和 27 年6月 30 日より9月 28 日迄（90 日間）。

1953 年3月 30 日受理（印刷費負担）

染付方法：1. 鰮油（沃素価 179.8）に M/100 になる如くステアリン酸コバルトを添加し 100°C のパラフィン浴中で乾燥酸素を吹込み 9 時間反応させたものをアセトンで 3 倍に稀釈した染料で室温に於て 12 時間染付。2. m-Nitroaniline をステアリン酸コバルトの代りに用い 1 と同様に処理。3. 1, 2 の染料を等量に混合した料で染付。4. カツチ染付後重クロム酸加里及び硫酸銅溶液で固定。5. 無処理素絲。

結　果：海水浸漬中の抗張力の変化は第 2 図に示す如く上記 3 種の染料の防腐効果は小であつてカツチ染料に劣り，最も勝れた混合染料でも 70 日間しか有効でなかつた。是はアセトンを用いて稀釈したため防腐効果が弱まつたものと思われる。

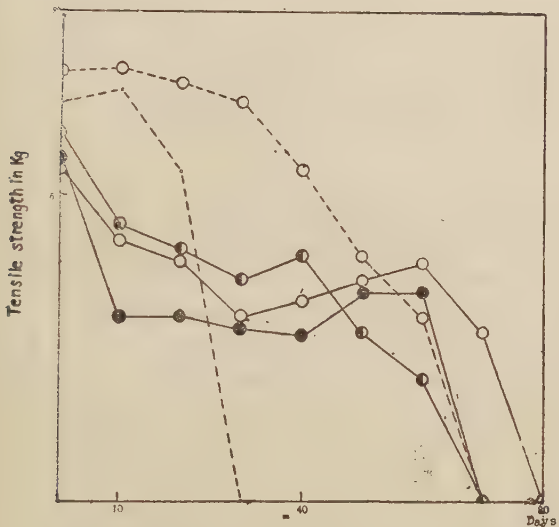


Fig. 1 Changes of tensile strength of cotton lines in the sea.
○—— Sardine oil containing M/10 Cu-stearate.
●—— Sardine oil containing M/10 $CuSO_4$.
◐—— Sardine oil.
○- - - Cutch (fixed with $K_2Cr_2O_7$ and $CuSo_4$).
• - - - Untreated.

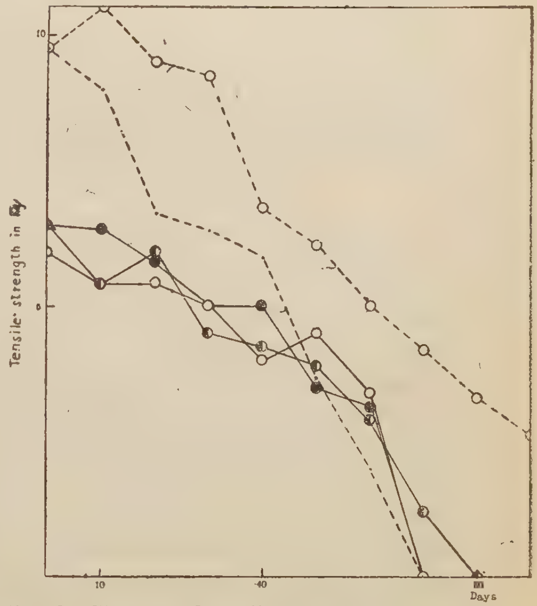


Fig. 2 Changes of tensile strength of cotton lines in the sea.
○—— Sardine oil (1) oxidized by blowing oxygen at 100°C in the presence of M/100 Co-strearate and diluted to 1/3 with acetone.
●—— Sardine oil (2) oxidized by blowing oxygen at 100°C in the presence of M/100 m-nitroaniline and diluted to 1/3 with acetone.
◐—— Mixture of (1) and (2).
○- - - Cutch (fixed with $K_2Cr_2O_7$ and $CuSO_4$)
• - - - Untreated.

本研究費の一部は文部省科学研究費（代表者田内教授）によつた。又抗張力の測定は東京水産大学岡田研究室の方々を煩わした。記して謝意を表する。

文　　献

1) W. R. G. Atkins: J. *Marine Biol. Assoc.*, **15**, 219 (1928); **20**, 627 (1936).
2) A. C. Robertson: *Ind. Eng. Chem.*, **23**, 1093 (1931).
3) 村 田 正 雄：工化, **38**, 971 (1934).
4) 富安行雄・豊水正道：日水誌, **18**, 155 (1952).
5) 富安行雄・豊水正道・高橋喜久雄：日水誌, **18**, 530 (1953).

網糸の腐蝕に関する微生物学的研究—III. 漁撈後格納貯藏中の漁網綿糸の腐蝕に関與する繊維素分解細菌について（その 1）

門　田　　元
（京都大学農学部水産微生物学研究室）

Microbiological Studies on the Weakening of Fishing Nets—III. The Microbiological Deterioration of Fishing Nets During Storage (1).

Hajime KADOTA

The microbiological deterioration of fishing nets during storage was preliminarily studied.

1) After periods of from three to six months' storage under dry conditions, textile fibres of fishing nets were found to be covered with a large number of survived cells of aerobic cellulose-decomposing bacteria of marine origin. These findings suggest an important role played by marine cellulose-decomposing bacteria in deterioration of textile fibres during storage.

2) Fourteen strains of marine aerobic cellulose-decomposing bacteria were purely isolated from the fishing nets which had been stored, under dry conditions, for three months after fishing. These isolated bacteria were classified into a new species of myxobacteria, *viz.*, *Cytophaga haloflava* after detailed taxonomical studies.

第1報[1] 及び第2報[2] において，著者は，海水浸漬中の漁網綿糸に附着繁殖してその繊維を分解弱化せしめる海洋性繊維素分解微生物について，その分類学上の位置，分布，ならびに繊維素分解作用等を研究し，海水中における漁網綿糸の腐蝕が主として *Vibrio* ならびに *Cellvibrio* に属する好気性繊維素分解細菌によつて行われる事を推定したが，漁撈後格納貯蔵中の漁網綿糸の腐蝕*については微生物学的な検討を加えるに至らなかつた。その後，偶々若狭湾内において実際に漁撈後乾燥状態で格納貯蔵中のカツチ染漁網を入手したのを機会に，これを試料として，この問題についての研究を企て，先ず，試料よりの繊維素分解微生物の増菌集積培養を試みた結果，相当長期間にわたる格納の後にも，試料にはなお多数の繊維素分解微生物が附着存在している事を確めた。其処で，これらの微生物が格納中における網糸の腐蝕に，どのような役割を果すかを明かにするための基礎的研究として，その純粋分離を行い，更にその形態，培養性質ならびに生理学的諸性質を検討して，分類学上の位置を決定し，それらの微生物が如何なる経路で汚染したものであるかを推定し得たのでここに報告する。

実　　験

1) 試料よりの繊維素分解微生物の増菌

1953 年 4 月 24 日受理（印刷費負担）

* 漁網綿糸が漁撈後陸上に格納中においても微生物学的に腐朽する事は古くから知られていたが，殊に最近漁撈後貯蔵格納前に適当な防腐処理を施せば，綿糸の寿命を著しく延長せしめ得る事が報告されており[3] 陸上における漁網綿糸の腐蝕に対する微生物の作用が決して等閑視し得ないものである事が一層明かになつた。

ZoBell[4] によれば，一般に marine origin の微生物は食塩を含有せぬ培養基には生育しないし，一方 terrestrial origin の微生物は海水又は海水と同程度の濃度に食塩を含有する培養基には生育しない。

其処で，著者は試料に附着存在している微生物が marine origin のもの，或は terrestrial origin のものの何れであつても，これを広く捕捉するためと，同時に，増菌される微生物の origin を推定するために，海水を以て調製した培養基，淡水を以て調製した培養基，ならびに淡水に各種濃度に NaCl を添加した食塩水を以て調製した培養基を用いて増菌集積培養を行い，各培養区における繊維素分解微生物の発育の有無ならびに発育の程度を観察した。なお，増菌に際しては培養温度をも各種変えて，生育適温の異る諸種の微生物を出来るだけ広く捕捉する事に努めた。

培 養 基：下記の各塩類を 1000 cc 宛の濾過海水，水道水及び 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0 % の各濃度に NaCl を加えた水道水に溶解せしめ，NaOH を以てその PH 価を 7.2 に調整した後，これを，それぞれ，予め 13 cm×1 cm の濾紙片を投入後乾熱滅菌しておいた試験管に約 10 cc 宛分注し，常法により加圧滅菌した。塩類の添加量は次の如くである。

$NaNO_3$	0.5 g,	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 g
K_2HPO_4	1.0 g,	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.01 g

試　料：1952 年 4 月 11 日より 5 月 10 日迄の 1 ケ月間に 10 回海中に投網した後 普通の状態で 3 ケ月間格納した漁網綿糸* を試料とし その約 1 cm を切り取つて上記培養基に接種した。

培養温度：15, 20, 25, 30, 35°C の各温度において培養を行つた。

結　果：約 10 日間培養を継続し，その間に繊維素分解微生物の発育した培養区を＋，発育しなかつたものを－，発育したものに就いては，その程度が旺盛で 5 日間前後で濾紙が切断するものを 卌，それよりやゝ弱く，濾紙が切断する迄に 6—7 日を要するものを卅，8—10 日を要するものを卄，発育は認められるが，増殖の緩慢なものを＋，発育の疑わしいものを±とすればその結果は Table 1 の如くである。

Table 1 Development of cellulose-decomposing microorganisms on artificial media* prepared with sea water and salt solutions of different concentrations of NaCl.

Concentration of NaCl %	Incubating temperature °C 15	20	25	30	35
0.0	－	－	－**	－	－
0.5	－	±	±	±	－
1.0	±	卄	卄	＋	－
3.0	＋	卅	卅	＋	－
5.0	－	±	±	－	－
10.0	－	－	－	－	－
sea water	卄	卌	卌	卅	＋

* Each medium was inoculated with a piece of netting cords which had been stored, under dry conditions, for three months after fishing.
卌＝maximum growth, －＝no growth
** Cellulose-decomposing mold developed.

Table 1 から明かなように，試料に附着存在する繊維素分解微生物はいずれも海水又は 3 %NaCl 水溶液を以て調製した培養基に最もよく生育し，NaCl を含まぬ培養基には全く生育しなかつた。即ち，3 ケ月にわたり乾燥状態で格納された後にも，漁網綿糸にはなお多数の marine origin の繊維素分解微生物が生残附着しているが，土壌其他からの汚染による terrestrial origin のものは存在しない事がわかる。(一，二の試料では長期間培養後，NaCl を含まない培養基に生育する繊維素分解糸状菌が現われたが，その頻度は極めて小さく例外的なものであると考えられる。)又これらの微生物は 3 %NaCl 水溶液を以て調製した培養基よりも，海水を以て調製した培養基に，更によく生育したが，これは海水中に含まれている NaCl 以外の物質が，その生育増殖を刺戟したためであると考えられる。[3] なお，こゝに用いた試料を更に 3 ケ月乾燥状態に放置した後，再び上と同様の実験を繰返えしたが，その結果は Table 1 とほゞ同様であつた。

* 約 2 時間白煮した後カッチ温溶液に約 1.5 時間浸漬し，日乾した 30 番手 1 号綿糸。

2) 分離された繊維素分解微生物の微生物学的諸性質ならびに分類学上の位置。

実験 1) において増菌した集積培養より第1報に報告した方法** に従つて繊維素分解微生物の純粋分離を行い，その微生物学的諸性質を詳細に検討した。

本実験において純粋に分離された微生物は 14 菌株であつたが，これらはその形態，培養性質，ならびに生理的諸性質を検討した結果，いずれも同一種に属せしめるべき好気性繊維素分解細菌である事が明かになつた。その性質は下記の如くである。

Characteristics of the isolated bacteria

Morphology

Vegetative cells : Long, flexible, singly occuring rods, with rounded ends, 0. 3—0. 45 by 2. 5—10. 0 microns. Length very variable. Non-flagellate. Creeping motility on solid surfaces. Gram negative. Stain uniformly with GIEMSA's stain.

No fruiting bodies or spores (microcysts) formed.

Cultural and physiological characteristics

Growth on cellulose : In tubes of liquid mineral medium (prepared with sea water) with filter paper partly immersed, growth becomes apparent after 2—4 days (at 25°C) as a bright yellow mucilaginous area on the paper at the air-water interface. The growth area has a tendency to spread upwards, but there is never visible development below water level. The liquid becomes turbid and semi-opaque. The filter paper at water level is gradually completely dissolved and the patches become translucent.

On mineral agar plates (prepared with sea water) containing finely divided cellulose, bright yellow, thin, glistening, translucent, mucilaginous colonies appear after 3—5 days. Colonies usually form slight depression in agar (etching of agar). Colonies are not surrounded by enzymatic zones of cellulose dissolution ; attack on the cellulose takes place only in the immediate neighborhood of the organisms.

Broth : No growth.

Sea water broth : No growth.

Glucose broth : No growth.

Glucose broth prepared with sea water : No growth.

Gelatin : No growth.

Sea water gelatin : No growth.

Agar plate : No growth.

Sea water agar plate : No growth.

Glucose agar plate : No growth.

Starch agar plate : No growth.

Starch agar plate prepared with sea water : No growth.

Mineral starch agar plate prepared with sea water : No growth.

Mineral agar plate prepared with sea water : No growth.

** 第1報においては寒天 1.5％を含む繊維素寒天を用いたが，本実験においては，その他に 1％の寒天を含む繊維素寒天をも併用した。

Potato : No growth.

Milk : No growth.

Nitrite produced from nitrate in liquid mineral medium (prepared with sea water) with filter paper partly immersed.

Indol not formed.

H_2S not formed.

Utilizable carbon sources* : Cellulose, cellobiose, glucose (faint growth), trehalose.

Not utilized* : Xylose, arabinose, fructose, mannose, rhamnose, maltose, lactose, sucrose, starch, inulin, agar, glycerin, inosit, erythrit, mannit.

Galactose, glucose, maltose, cellobiose, lactose, fructose, mannose and sucrose (0.1 %)* do not inhibit the growth.

Utilizable nitrogen sources : $NaNO_3$, KNO_3, $NaNO_2$, NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$, urea, pepton (faint growth).

Salt concentration range : 1—5 %. Optimum concentration ; 3.0 %.

PH range : 7.0—8.0.

Temperature range : 15—30°C. Optimum temperature ; 20—25°C.

Aerobic.

Source : Fishing nets which had been stored for three months after fishing.

Habitat : Sea water.

以上の性質から BERGEY's Manual 6th Ed.[5] によれば本種は Class *Schizomycetes*, Order *Myxobacteriales*, Family *Cytophagaceae*, Genus *Cytophaga* に属する。Genus *Cytophaga* は主として STANIER[6)7)] 及び FULLER and NORMAN[8] の提案した方法に従つて分類されており，non-halophilic の soil group と obligately halophilic の marine group とに分けられている。本種は obligalely halophilic であるから勿論 marine group に入れるべきものであるが，既発表の marine group の3種即ち STANIER[6] の発表した *Cytophaga krzemieniewskae*, *Cytophaga diffiuens* ならびに HUMM[9] の分離命名した *Cytophaga sensitiva* とは細胞の大きさ（既発表の3種は何れも本種より遙に大きい細胞を有する），生産色素（既発表の3種の生産色素は淡紅，橙色又は無色），エネルギー源ならびに炭素源の利用性において明かに異る。特に，既知の3種の marine *Cytophaga* が広い range の炭素源を利用するのに反し，本種が cellulose とその一部分解生産物以外の炭素源を殆ど利用しないのは明瞭な差異である。

細胞の大きさ，生産色素ならびに炭素源利用性の点では本種はむしろ soil group の *Cytophaga hutchinsonii* に類似しているが，obligately halophilic である点，発育至適温度が低い点，寒天を僅に "etching" する点，energy 源として trehalose を利用する点，窒素源として尿素をよく利用する点等においてこれとも明に区別されるので本種を新種と認め，*Cytophaga halofiava* nov. sp. と命名した。

考　　察

以上の如く，漁撈後乾燥状態において数ケ月間にわたり格納貯蔵した漁網綿糸にもなお多数の海水性好気性繊維素分解細菌 *Cytophaga haloflava* が附着生残する。従つて漁撈後，漁網格納中に何等かの機会で水分其他適当な条件が与えられゝば，これらの細菌は其処に再び増殖を開始し，網糸を腐蝕する事が当然予想されるので，漁撈後に，海水中で漁網に附着増殖した微生物を適当な方法により殺菌する事は漁網の寿命を

* Sugars were sterilized by autoclaving together with the mineral constituents of the medium.

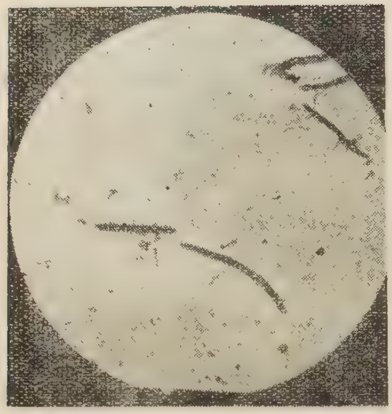


Plate 1. *Cytophaga haloflava* nov. sp.
(Electron photomicrograph： ×3000)

延ばすために極めて重要であると考えられる。

なお，第1報において，著者が海水中に多数存在する好気性繊維素分解細菌の分離を行つた際に，*Cytophaga* 属の細菌が分離されなかつたのは，海水中にはこの属の細菌が *Vibrio* 又は *Cellvibrio* 属の細菌よりも少いため，最高稀釈度の集積培養に生育しなかつたのか，或は分離培養の方法が不適当であつたのか（一般に *Cytophaga* 属の細菌は Eubacteria と異り 1.5—2％程度の寒天を含む rigidity の高い寒天培地には生育しにくい事が知られている）によるものと思われる。又，一方，第1報において海水中に最も多数存在する好気性繊維素分解細菌として報告した *Vibrio* ならびに *Cellvibrio* に属する細菌が本実験において分離されなかつたのは，これらが *Cytophaga haloflava* に比して耐乾燥抵抗性が低いため数ケ月にわたる乾燥状態に耐えて生残し得なかつたゝめではあるまいかと考えられるが，これらの点に関しては別の機会に報告する。

要　　約

1) 漁撈後数ケ月にわたり乾燥状態で格納貯蔵した漁網綿糸にも，なお多数の marine origin の好気性繊維素分解微生物が附着生残する事を明かにした。

2) これらの繊維素分解微生物を純粋に分離し，詳細な分類学的研究を試みた結果，これらが *Cytophaga* に属する未記載の細菌である事を確め，*Cytophaga haloflava* nov. sp. と命名した。

本研究に当り終始御指導を賜わつた木俣正夫教授に深謝する。

なお，本研究費の一部は文部省科学研究費に依つた。

文　　献

1) 門　田　　元：日水会誌 **16**, 63—70 (1951).

2) 門　田　　元：日水会誌 **19**, 83—87 (1953)

3) 千葉県水試勝浦支所："フラスキンによる綿糸の腐敗防止試験" (1952).

4) C. E. ZoBell: "Marine Microbiology", Chronica Botanica Co., Waltham, Mass. (1946).

5) R. S. Breed, et al.: "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology", 6th ed., The Williams a Wilkins Co., Baltimore (1948).

6) R. Y. Stanier: *Jour. Bact*, **40**, 619—634 (1940).

7) R. Y. Stanier: *Bact. Revs.*, **6**, 143—196 (1942).

8) W. H. Fuller and A. G. Norman: *Jour. Bact.*, **45**, 565—572 (1943).

9) H. J. Humm: *Duke Univ. Marine Lab. Bul.* **3**, 45—75 (1946).

海藻の化学成分の研究—I.*
カイニンソウより単離した Sodium α-(α-D-Mannosido) D-Glycerate について

川口一弘・山田正三・深山秀憲**
（大阪市立衛生研究所）（北海道大学医学部薬理教室）

Chemical Studies on Algea—I. On the Sodium α-(α-D-Mannosido)-D-Glycerate Obtained from *Digenia Simplex* Ag.

Kazuhiro KAWAGUCHI, Syozo YAMADA and Syuken MIYAMA

By the paper chromatography, we found that the water extracts of *Digenia simplex* Ag. contained a certain organic acid. We obtained this acid as the sodium salt, and isolated the free acid from this salt by means of ion-exchange resin.

The sodium salt of this acid was identified by the rotation measurement, hydrolysis and elementary analysis as sodium α-(α-D-mannosido)-D-glycerate. By CRIEGEE's reaction, it was confirmed that mannose combined with α—hydroxyl of glyceric acid in this substance.

From the results of pharmacological experiments with 0.1% aqueous solution of sodium α-(α-D-mannosido)-D-glycerate against *Ascaris lumbrcorides*, it was found that *Ascaris lumb.* showed a characteristic struggling motion to escape.

高等植物のエキス成分に関する研究は既に多数発表されているが，海藻のエキス成分に関しては詳細な研究はまだ殆と行われていない。然し近時本邦に於ても，海藻研究の重要性は可成り認められ，逐次之に関する研究発表がなされつゝある。一般に海藻エキスは陸上植物のそれよりも多量の無機塩類を含んでいるが之が過去における海藻エキスの研究を遅延させていた様に思われる。併し現在ではペーパークロマトグラフ法及びイオン交換樹脂の使用により此の障害は殆ど除去され得るようになつた。

我々は海藻中体制の最も複雑な，且生化学的に興味深い紅藻類について研究を行う事とし，先ず容易に大量入手出来る海人草を研究の対象とした。

海人草は駆虫薬として広く用いられ，これに関する研究も既に可成り行われている。例えば武田[1]が之から配糖体様物質を単離し，山内[2]が注射法により有効な黄色吸湿性物質を精製抽出したのを初め，青木[3]，佐久間[4]等の研究がある。しかし従来の研究は駆虫成分の追究にのみ終り，しかもその有効性成分に関しては未だ確定的な結果が得られていない。又金子，森本[5]等は駆虫成分研究の傍ら，海人草からガラクトーズとフコーズよりなる結晶性糖物質（m. p. 234°C.）を単離し，又乳酸を亜鉛塩として確認している。

海人草の研究としては有効成分が第一の問題であるが，我々は先ず本植物の糖類，アミノ酸，有機酸等を充分研究する必要を感じ，駆虫成分にとらわれる事なく上記成分を研究した結果，ニンヒドリンによつて黄色

1953年3月31日受理（印刷費負担）
* 1953年4月6日，水産学会総会にて発表。
**深山秀憲(北大,医,薬理) 動物実験を担当。

を呈する未知物質*の多い事を明かにし，又或る糖物質（m. p. 234°C.）を単離し，更にペーパークロマトグラフを用いて或る種の有機酸の存在する事を知り，次いで海人草の 90% メタノール抽出物より本有機酸のナトリウム塩を分離した。此の結晶は m. p. 264°C.（decomp.）水溶液は中性，モーリッシュ反応陽性，常に一定の灰分を有し，フェーリング液を還元せず，加水分解によつてマンノーズとグリセリン酸を与える事を確認した。又元素分析の結果，本物質は $C_9H_{15}O_9Na \cdot H_2O$ の実験式を与え，その含水塩の旋光度は $[\alpha]^{18}_D = +101.9$ であつた。イオン交換樹脂を用いて得た遊離酸は m. p. 91～92°C. であつた。

以上の事実から我々の得た結晶は，マンノーズとグリセリン酸よりなる事を知つた。***

その後文献[6)7)]によると，すでに海人草に近縁の *Polysiphonia fasigata* より α-mannosido-D-glyceric acid の Na-塩が分離されている事及び我々の結晶が此と全く同一物質である事を知つた。併しこれらの文献ではグルコシッド結合がグリセリン酸の水酸基の α-，β-，の位置の何れについているかが明かにされていないので，我々は之を確める為に四醋酸鉛を用いて酸化した結果，此の Na-塩及び遊離の酸各 1 mol はそれぞれ 2 mol の四醋酸鉛を消費する事が明かになつた。従つてこの物質はグリセリン酸の α-位の水酸基でグルコシッド結合が行われているものと考えられる。

更に此の物質の 0.1% 水溶液を用いて蛔虫に対する毒性を調べた結果，本物質は蛔虫に対して海人草特有の運動を起させる事を認めた。

実験並びに考察

I. Sodium α-(α-D-mannosido)-D-glycerate 及びその遊離酸の単離

市販海人草を撰別し，異物を可及的に除去した後，

a) 原藻重量の 6～8 倍の 90% メタノールにて 80～85°C. で約 30 時間浸出，温時濾過，濾液を冷所に放置すると，一部このものは結晶となつて析出するが，更にメタノールを溜去，水性エキスを水で処理して不溶性の色素等を濾別し，活性炭で脱色後減圧濃縮し，析出せる無機塩類を温時濾過，更に減圧濃縮を行つて温 90% メタノールで抽出し，此の抽出液のメタノールを溜去，減圧で濃縮し濃厚シロップ状となし加熱しつつ原藻重量の 1/2～1/3 量の 95% エタノールを加え，析出する無機塩類を温時濾別，濾液を冷所に放置すると結晶が析出する。

b) 原藻を 10 倍量の冷水で一夜間浸漬，濾液を水浴上にて可及的低温で 1/15 容量まで濃縮，メタノールをその濃度が約 70% となる様に加え，生ずる沈澱を濾去，メタノールを溜去，減圧濃縮した後 90% エタノールで抽出を行い，以下 a) と全く同様に操作する。

こゝに得られる粗結晶の収量は原藻によつてさまざまであるが，含量の多いものでは，原藻乾物に対して約 0.5～0.7% となる。

此の粗結晶を含水エタノールより数回再結晶すると，無色板状の結晶が得られる。このものは融点；260（sinter）～264°C.（decomp.），含水塩の旋光度；$[\alpha]^{18}_D = 101.9° \pm 0.5°$（$d=2$, $c=1.01$, in water），元素分析の結果は，

$C_9H_{15}O_9Na \cdot H_2O$(308.2) { 計算値：$H_2O$…… 5.98%
実験値：H_2O…… 5.85% }

$C_9H_{15}O_9Na \cdot$(209.2) { 計算値：C…… 37.25%，H……5.12%，Na……7.92%
実験値：C…… 37.32%，H……5.51%，Na……7.72% }

遊離酸を得るには上記 Na-塩の稀薄水溶液を陽イオン交換樹脂（Amberlite IR-120）の層を通し，その濾

*, ** 近く本誌に発表の予定

*** 最近大阪大学医学部薬学教室の村上信三，竹本常松，清水然昌氏等も海人草よりグリセリン酸及びマンノーズよりなる結晶を単離された。1953 年 4 月 7 日，日本薬学会総会で発表される予定。

液を減圧濃縮し，アルコールを加えると結晶が析出する。融点；88°(sinter)～91～92°C.

Ⅱ. α-D-Mannosido-D-glyceric acid 及びその Na-塩のペーパークロマトグラフイ．

単離したこの酸及び Na-塩を次の二種類の溶媒で展開しブロム・フエノールブルーの 0.05% アルコール溶液を顕色薬として呈色させる。

溶媒 Ⅰ 1% 蟻酸を含む 20% 含水フエノール

溶媒 Ⅱ n-ブタノール：蟻酸：水＝4：1：1

溶媒Ⅱは調製後数日放置，エステル化が平衡に達した後使用する。その結果は Table-1 の様になり，Na-塩と遊離酸の R_f value は可成り相違する。

Table 1. Rf-values of α-D-Mannosido D-glyceric acid and its Sodium salts (Descending method, temp. 16°C.)

Samples \ Solvents	R_f-values I	II
α-D-Mannosido-D-glyceric acid	0.42	0.09
Sodium α-D-mannosido D-glycerate	0.36	0.05

Solvent Ⅰ Phenol-water-formic acid (4 gr., 1 gr., 1%)
Solvent Ⅱ n-Buthanol : water ; formic acid=4 : 1 : 1

Ⅲ. Sodium α-D-mannosido-D-glycerate の加水分解

このものを 40 倍の 20% 硫酸と 3 時間直火で煮沸加水分解し，硫酸を水酸化バリウムで中和後濾過し，濾液を減圧濃縮し，これを試料としてペーパークロマトグラフイにかける。上記Ⅱ項の溶媒 1 及び 2 を用い，全く同様に行う。その結果この加水分解物と DL-グリセリン酸は全く同一の spot を与える。

又糖を確認する為に溶媒 n-ブタノール：酢酸：水＝4：1：2 を用いペーパークロマトグラフイにて展開，アンモニヤ性硝酸銀で呈色させた結果は Table 3 の通りである。(同時に行つた D-グルコースの値を附記する)

Table 2. R_f-values of Glyceric acid and the Hydrolysate of Sodium α-D-mannosido-D-glycerate. (Descending method, temp. 16°C.)

Samples \ Solvent	R -values I	II
DL-Glyceric acid	0.51	0.37
Ca-DL-Glycerate	0.51	0.36
Hydrolysate	0.50	0.36
Glyceric acid+Hydrolyate	0.51	0.37

Solvents : Ref. Table 1.

Table 3. R_f-values of D-Mannose and the Hydrolysate of Sodium α-D-mannosido-D-glycerate. (Descending method, temp. 16°C.)

Samples \ Solvent	R_f-values n-Buthanol : acetic acid ; water=4 : 1 : 2
D-Glucose	0.18
D-Mannose	0.24
Hydrolysate	0.24
Hydrolysate+D-Manose	0.24

更に上記濃縮液を醋酸フエニルヒドラヂンと処理すると，直にヒドラゾーンが析出する。これを水性アルコールより再結晶すると，融点 187～188° (decomp.) を示し，又これを D-mannose-phenyl-hydrazon (m. p. 188～189°C.) と混融すると 188～189°C. (decomp.) で熔融するので同一物である事がわかる。

この Na-塩は 5% 及び 10% の硫酸と夫々沸騰水浴上で 1 時間加熱しても殆んど加水分解されず，20% 硫酸と直火で加熱して初めて加水分解される。即ち可成り加水分解され難い物質である。

Ⅳ. α-(α-D-Mannosido)-D-glyceric acid 及びその Na-塩の四醋酸鉛による酸化

1) 遊離酸 $C_9H_{16}O_9 \cdot 2H_2O$(304.25)0.0793 gr. を N/10 四醋酸鉛溶液 30cc. に溶し 20°C. に 20 時間放置した後，ヨードカリ溶液 30cc. を加え N/10 チオ硫酸ソーダで滴定し，その値を A とし，別に実験を行いその滴定値を B とすると

B に要した N/10 $Na_2S_2O_3$……30.53cc.

A に要した N/10 $Na_2S_2O_3$……19.37cc.

即ち此差 11.16cc. がグリコール開裂のために消費された四醋酸鉛であり，これは四醋酸鉛の 2.14 mol

に相当する。

遊離酸 0.0732gr. を同様滴定すると 20°C, 48 時間で四醋酸鉛 2.28mol を消費する。

2）Na-塩 $C_9H_{15}O_9Na$・(230.21)0.0990gr., 0.0714gr. を 20°C に 20 時間放置後遊離酸と同様に滴定するとそれぞれ 2.24, 2.15mol を消費する。

V. Sodium α-D-mannosido-D-glycerate の *Ascaris lumbricoides*（蛔虫）に対する薬理実験.

試験動物として蛔虫 *Ascaris lumbricoides* を用い，飼育液としては Bunge 氏液（NaCl 1.0gr., $NaHCO_3$ 0.1gr., *Aqua distillata* 100cc.）に対して $C_9H_{15}O_9Na \cdot H_2O$ を 0.1% になる様に加えたものを用いた。内径 17cm の平板シャーレに本液 100cc. 及び蛔虫一匹を入れ，38°C の孵卵器中にてその運動を観察した。

蛔虫の普通の運動状態を ++，これより活潑になつたものを +++，更に蛔虫が体面積を小さくする様に体を捻転被検液より脱出しようとする状態を ++++ とし，普通運動状態以下を +，死を − の記号で表すと，Table 4 の通りである。

Table 4. Pharmacological Experiments against *Ascaris lumbricoides* with 0.1% aqueous solution of Sodium α-D-mannosido-D-glycerate at 38°C.

(m. : minutes, h. : hours, d. : days.)

Lapse	initial	0~5 m	5 m	10 m	20 m	30 m	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	8 h	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d
Motility	++	+++	++++	++++	++++	++++	+++	+	++	++++	+++	++	+	+	+	+	+	−
Remarks			*					**										dead

++ Usual motility, +++ : More active than usual, ++++ Struggling motion to escape,
+ Less active than usual, − Dead, * Struggling motion to escape, ** Tail-moving.

先に深山[8]が 11 種の海藻水浸出物の 5% 溶液に就いて行つた実験では，海人草は 5~6 日で蛔虫を死に至らしめたが，Bunge 氏液のみの場合には最高生存時間 38 日，平均 12 日であつた。なお深山は効果判定の基準を 8 日としている。今迄の海人草製剤では，福田[9)10)]の記載の様に 0.1%（マクニン使用）の場合には蛔虫に対する影響は殆んどなく，0.5% に至り始めて影響が現れ，先ず自発運動活潑となり対照より早く麻痺死に至る。又田辺[11)]は 2% に於ては最初運動旺盛となるが早期には運動不活潑とならず，概ね 5~10 時間後には自発運動減退し，24~48 時間迄の間に麻痺死に至ると報じている。本物質は 0.1% の濃度に於て 6 日間で蛔虫を死に至らしめるので，左程強力な駆虫効力を有するとは云えないが，蛔虫が 5 分~4 時間にわたつて海人草特有の運動を示した事は興味深い。

以上の実験より次に α-D-Mannosido-D-glyceric acid の化学構造についての考察を試みる。

我々が単離した Na-塩は元素分析の結果 $C_9H_{15}O_9Na \cdot H_2O$ の実験式を得，m.p. 264°C. (decomp.)(270°C. 補正)，$[\alpha]_D^{18} = +101.9° \pm 0.5°$ (α=2, p=1.01, in water) で加水分解により D-マンノーズとグリセリン酸を与え，その遊離酸は m.p. 91~92°C. であつたが，これと H. Colin et. J. Augier[6)] が *Polysiphonia fasigata* より得た α-d-mannosido *l*-glyceric acid（その Na-塩は m.p.: 270°C. (decomp.) $[\alpha]_D^{15} = +108°$ (p=3, *l*=2)，遊離酸は m.p. 88~89°C. 加水分解により *l*-glyceric acid と d-mannose を与える）とを比較して見ると，同氏等は Na-塩の結晶水については何等触れていないが，我々のものは一分子の結晶水を有し，無水塩に換算すると旋光度は全く一致し，元素分析の結果並びに加水分解物は勿論，遊離酸の融点も我々のものが少し高いがよく似て居り，Na-塩の分解点も一致し，同一物質であると考えられる。我々は加水分解物中のグリセリン酸をペーパークロマトグラフで確認し，グリセリン酸又はその誘導体を単離しなかつたが，H. Colin 等はグリセリン酸を Ca-塩及び Ba-塩として単離し，Ba-塩の無水物は

m. p. 158°C，旋光度は +13° 附近であり，遊離グリセリン酸は弱いが明らかに左旋性であつて，このグリセリン酸は *l*-グリセリン酸であると記載している。

併し多くの文献によると，遊離のグリセリン酸は，古くは d(−)，か *l*(+) であつて，最近の表現法[12]では D(−)，か L(+) と記載されるべきである。從つて此の加水分解物中のグリセリン酸は D-グリセリン酸である。

又 H. Colin 等によるとグルコシッド結合は α- と記載されているが，それが α-型であるか β-型であるかの証明がない。天然産のグルコシッドは旋光度（−）のものは多く β-型，（+）のものは α-型であるし，又 α-型は概して加水分解され難い点を考慮すると，此の物も α-型と考えて間違いあるまい。

天然界に存在する糖化合物中，hexaaldose はすべて pyranose 型であるからこのものも恐らく pyranose 型と考えられる。

グリセリン酸との結合様式を考えるに，我々は四醋酸鉛で Na-塩及び遊離酸を酸化し，両者共にその 1mol は四醋酸鉛の 2mol を消費する事を知つたので，此等の物のグルコシッド結合はグリセリン酸の α-位の水酸基によつてなされていると推定される。即ちその化学構造式は Fig. 1 の様なものと考えられる。もし Fig. 2 の様なものとすると，上の実験に於いて 3mol の四醋酸鉛が消費されて Fig. 2 の点線で示す3ケ所で開裂が行われる筈である。

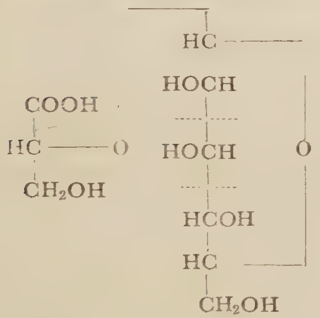


Fig. 1. α-(α-D-Mannosido)-D-Glyceric Acid.

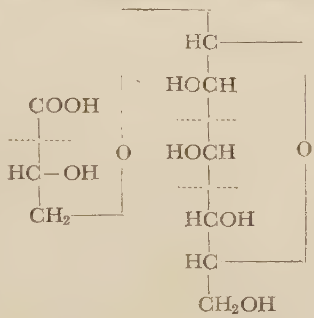


Fig. 2. β-(α-D-Mannosido)-D-Glyceric Acid.

從つてこのものは α-(α-D-Mannosido)-D-glyceric acid であると考えられる。

摘　　要

1）海人草 *Digenia simplex* より結晶性物質を単離し，此のものが Sodium α-D-mannosido-D-glycerate である事を確めた。

2）この物質を四醋酸鉛で酸化し，消費された四醋酸鉛の定量によつてマンノーズとグリセリン酸は，グリセリン酸の α-位の水酸基でグルコシッド結合をしている事を推定した。

3）蛔虫 *Ascaris lumbricoides* を使用してこの物質の薬理実験を行い，その 0.1% 水溶液は蛔虫に対して海人草浸出液特有の蛇行運動を起させる事を知つた。

（附　記）

終りに臨み，絶えず御指導下さつた大阪市立衛生研究所々長茶珍博士，同部主任久保博士並びに校閲を賜つた京都大学農学部水産学教室主任清水亘博士に衷心より感謝申し上げると共に，多量の海人草を戴いた藤沢薬品株式会社，元素分析をおねがいした武田薬品工業研究所の渡辺原博士に厚くお礼申し上げます。

文　　献

1）武田　鹿雄：京都医誌，12，387，(1915).

2）山内　恵助：東北医誌，10，178，(1927).

3）青木　大司：慶応医誌，16，1427-1442，(1936).

4）佐久間巌　外三名：台南高工，3，183-210，(1941).

5) 金子，森本：1951年7月．日本薬学会全国大会にて発表．

6) H. Colin et J. Augier : *Compt. Rend.*, **208**, 1450, (1939).

7) J. Lamure : *Compt. Rend.*, **218**, 246, (1944).

8) 深山　秀憲：薬理報，**48**，59，(1952).

9) 福田　房男：東京医誌，**40**，315，(1926).

10) 同　　上：同　上，**43**，454，(1929).

11) 田辺　恒義：北海道医誌，**19**，2242-2265，(1941).

12) *Chemical and Engineering News*, **26**, 22, (1948), (訳) 化学の領域，**3**，11，33 44，(1949).

漁獲直後の処理方法が肉質に及ぼす影響—I
ソーダカツヲ筋肉の解糖作用の相違に就て

天野慶之・尾藤方通・河端俊治
（東海区水産研究所） （予防衛生研究所）

Handling Effect upon Biochemical Change in the Fish Muscle Immediately after Catch—I.
Difference of Glycolysis in the Frigate Mackerel Killed by Various Methods

Keishi Amano, Masamichi Bito and Toshiharu Kawabata

Difference in the status of glycolytic reaction in the muscle of the frigate mackerel, ***Auxis tapeinosoma*** (Bleeker), one of the pelagic fish widely distributed in adjacent waters to Japan, was studied immediately after catch. Because it is sometimes very important to secure how to kill fish such as tuna and skipjack hooked up alive, a question which often rises to fishermen operating with pole and line or long line. As yet, very few information have been made available in connection with biochemical change that occurs in the muscle tissue of a fish died of exhaustion long after violent flounce on board to be compared with that of one killed immediately after catch. The purpose of the present study is to find out a suitable method for killing fish in order to improve the quality of fish meat to be brought back by those pelagic fisheries, especially one operated for tuna.

Of three methods applied to the experiment, one was to put the fish to death by thrusting a slender knife into the motor nerve. Let us call the samples killed in this way Group A. They looked like in a sort of syncopal state for next few hours with the muscle showing convulsion at times. The second group of fish, B, were all put to an instant death by beheading which would inevitably cause a great amount of blooding. The last group, C, were thrown into a hold containing sea water, and left there for several minutes to a struggling death. All the treatments were carried out as soon as the samples were angled up aboard a fishing boat operated off Numazu, Shizuoka Prefecture, during October 23 to 26, 1952.

From the carcases thus treated, the muscle tissues were sampled out at certain time intervals covering for about 70 hours followed their death. Then the amounts of glycogen, lactic acid, ammonia, amide, and pH value, were determined with each sample as the features of glycolytic reaction of which results are shown in Tables 1 to 7.

Each group of the samples showed an increase in glycogen to some degrees in an hour or two after the death. However, the amount of the increase did not make much difference with each other group killed by different method in spite of an initial amount of glycogen conside-

1953 年 6 月 1 日受理
東海区水産研究所業績 B 第 118 号，（印刷費負担）

rably varied among them. The highest level of glycogen was maintained in the tissues sampled from Group A, followed by Group B, a fact which should be attributed to the potency of ATP remaining in the muscle of Group A. As figures of ATP responsible for preventing glycogen from breakdown indicate in Table 1-1 of section Ⅱ prepared by Fujimaki and Kojô, ATP-P of Group B retained about 29 mg % even when it was left on standing for four hours. Research on mechanism promoting the reverse reaction to glycogen has to be made in the future.

As for lactic acid, the sample of Group C, died of exhaustion, revealed a sudden raise of the substance at the very start. It diminished a little some 30 minutes later, but then, increased again at a rapid rate. On the Contrary, Group A, killed by the nerve operation, presented lactic acid which remained at a very low level for the first three hours, then rose up gradually. Lactic acid of Group B was situated between the two others, though attended with a comparatively rapid increase. This increasing tendency might be explained in part anaerobic condition in the muscle tissue resulted for fatal bleeding.

Maximal pH value of the muscle of Groups A and B just taken out of the sea registered 6.80 for the white flesh and 6.44 to 6.55 for the dark flesh, although it did not take more than two minutes after fishing to complete pH measurement of the sample. Examined in the same way, pH of the blood ranged from 7.02 to 7.55. The results obtained from pH measurement for different parts of the carcases are summarized in Table 4.

In consequence of struggling, pH value of the white flesh lowered to 5.70 shortly after catch of Group C. On the other hand, there occurred change, but little, in pH values of the orbital muscle, the buccinator, and the muscles around the pectoral fin, as previously reported by the writers. These parts are supposed to be hardly capable to produce glycolysis as a post-mortem reaction of the fish. After three or four hours' standing, pH of the white muscle of Group C dropped to 5.53 by which time a remarkable amount of lactic acid had been already formed as cited in Table 3. As evident from Table 5, pH value of Group A was not much depleted, since it remained 6.07 to 6.12 after three or four hours' storage, and 6.00 even ten hours later. The relatively high values of pH of Group A were well correlated to a fact that no great amount of lactic acid had been formed yet by that time. In other words, delaying glycolysis should be considered as a factor for retaining pH of this group at such a high level.

Conspicuous difference was noted for ammonia contents between Groups A and C. For the latter had ammonia in an appreciable amount from the beginning just after the death, while the former distinctly low for the first one hour. This unusually high retention of ammonia in Group C may be interpretable with a view that it was likely produced from adenosine monophosphate as a result of adenosine diphosphate being broken down in an emergency of the muscle tissue to keep up ATP as much as possible.

Spectrophotometric determinations of AMP and inosinic acid, of which absorption maxima were 260 mμ and 243 mμ respectively, revealed the presence of the above mentioned reaction as shown in Figure 2 in section Ⅱ prepared by Fujimaki and Kojô (see p. 502). On the basis of these experimental results, it might be concluded that ammonia nitrogen of this fish, when inhabited under natural condition, does not exceed above 5 mg % in the muscle tissue. This figure would be unintentionally agreed with a fact that a minimal dose of ammonia to

provoke toxicaemia in the blood of mammals is about 5 mg %.

In the muscle of Group A, formation of ammonia reached a perceptible amount by the end of duration for 90 minutes after catch, and then kept on decreasing little by little for about five hours. While in case of Group C, ammonia contents stayed low just for the first one hour, but attended with a rapid increase.

It is questionable that such diminution of ammonia as observed in Group A can be explained by a supposition that it would be transferred into amide nitrogen such as glutamine, because amide nitrogen of Group A did not show any increase during the period of decrease of ammonia as seen in Table 5. Problem why amounts of amide nitrogen of Group A are higher than that of Group C will be undertaken in future.

この実験の目的は，漁獲による漁獲直後に於ける魚体の処理方法が以後の肉質の変化にどの程度の影響をもたらすものかの検討を行い，肉質の改善或は鮮度保持上の実際的な効果がありとすれば，その範囲を確定したいと云うところに在り，差当つては遠洋鮪の鮮度保持の改良に目標をおいている。哺乳動物筋肉では，死直前の取扱をある程度任意に行うことが出来るので，グリコーゲンの保有量を高めたところで屠殺し，死後の解糖作用を順調に進行させ，pH の降下に伴う腐敗の遅延或は肉色の維持を図り得る[1] とされている。魚類では，漁獲前の魚体の生理的条件を制御することは，一部の養殖魚を除いては勿論不可能の事であるから若しこのような効果をねらうとすれば，生存状態で捕獲される魚種の，船上にとり揚げられた直後の処理方法以外には望めない訳である。Reay 及 Shwan[2] などは，このような Control すら非常に困難であると述べているが，トロールの如き特に漁法が甚しく魚体を疲労させる場合は兎に角，カツヲ，マグロの一本釣なり，延縄の一部生存漁獲物ではある程度の見込は立ち得ると考えられるのである。

魚体の変質は死直後から進展する筋肉，血液，内臓等の酵素化学的な変化と，それに続く細菌等微生物による変敗との二段階が考えられる訳であるが，それらの相互関係が充分明かでない。魚肉の鮮度低下は，陸上動物肉のそれより遙かに迅速であるとされていながら，その要因を分別して，その範囲を確定した報告は尠い。例えば，死後硬直生起の遅速は死直前の動物の取扱によつて甚しく変動するものであつて，硬直の継続，解除乃至はそれ以後の変質に当然何らかの影響を及ぼす筈であるが，魚体に就ての処理の相違による生化学的変化の程度が整理されていない為に，肉質保持方法の改善について，実用上の効果の有無すら確立されていない現状*である。

魚肉の解糖作用の研究は Macleod 及 Simpson,[3] Macpherson,[4] Sharp[5] らの報告をはじめ，安藤，佐久間，萩野,[6] 山田，新間,[7] 山田，新間，鈴木,[8] 山田[9] 氏等の実験がある。これらの中で 3)—5) の内容は Reay ら[2]も批評しているように，学問的興味から魚肉中のグリコーゲン，乳酸，pH などを測定した程度であつて，処理方法の相違による実際上の効果にまでは触れていない。安藤氏らの実験はコヒを使い，即殺したものと運動による疲労死のものとを比較し，8～9°C の放置温度で，即殺魚は 48 時間後に硬直に入つたのに反し，疲労死の魚体では 24 時間で既に硬直に達したことが観察され，硬直期までの間のグリコーゲンの減量及乳酸の生成は前者の方に変化が著しく，後者では増減が少いことを認めている。又山田氏らはサメ，アジ，サバ等を実験材料として漁獲後短時間内の筋肉の生化学的研究を行い，サメの場合では延縄漁獲物のもの（ネコザメ）は底曳漁獲によるもの（ホシザメ）に比較して，乳酸生成の最高期に達する時間が遅いことを見，更に大謀網漁獲によるアジでは，乳酸生成の傾向がサメと略々同様であり，一本釣のサバの場合はアジ，サメより乳酸生成量が少く，その相違は漁法に基くものであろうと説明されているが，これらの試料はいずれも死に至るまでの経過が明かでないので，その考え方が妥当であるかどうか判定し得ない。

---

* 例えば鮪漁業では氷蔵前の予備冷却が推奨されているが，その実際上の効果は明かにされていない。

又，同氏は酸可溶性有機燐酸をサバ骨格筋について定量し，アデニールピロ燐酸が死後数時間後に急増，その後更に 10 時間ほどで減少し，それと対応しアムモニアの増量している点などを指摘し，Parnas の所説との合致に触れている。しかし乍ら，この実験では，筋肉は細切して水又は燐酸塩溶液に懸濁して放置されているので，その時間的変化が通常の魚体内で進行するそれと同一意義を有するかどうか疑問の余地なしとしない。又，アマイド態窒素の定量値からアムモニアの減少する時期が，アマイド態窒素の増量期と一致することを述べ，恐らくグルタミン酸にアンモニアが受納されるのであろうとの推定を下しているが，その時期のアデニールピロ燐酸の量が全く減少しているので，実験結果が上記の推定を裏付けているかどうか吟味の必要が残されている。なお，放置温度が記載されていないので，乳酸生成量の順位がサメ，アジ，サバとなつていても，それが魚種特有の値であるかどうは不明であり，その儘，底棲魚と洄游魚との比較にはなり難いと考えられる。これらの結果は要するに漁法，試料魚体の致死条件，試料採取方法，実験方法等の諸要因が交錯しているために，われわれの目的とする死後変化の詳細が充分の意義づけを以て律し難い憾みがある訳である。

筆者らは，これらの多くの研究経験に省みて，実験者が直接漁場で生存状態の試料魚の捕獲を行い，以後の取扱処理に人為的な変更を加えることによつて，疲労なり，苦悶なりが実質的に解糖反応の上で，どの範囲の相違を招来するかを先ず明かにする方針をとつた。勿論，実施後に処理，試料採取方法の詳細についてなお検討を加うべき多くの点を見出し，今後改良する必要はあるが，一応第 1 回の実験成績を得たので茲に報告する次第である。

実　験　方　法

I　試料魚及漁法の選定

マグロ類についての直接の実験は，望ましい事ではあるが所要日数並に経費の点で困難を伴うので，同じサバ科の中から比較的容易に生存状態で入手出来るソーダカツヲを選んだ。但し，この魚は，体重が比較的小いので，魚体から筋肉の均質な部分を連続的に採取するには不適当であることを免れない。魚種を選ぶことは，此の場合直ちに漁法をも選定した結果となつたのであるが，大謀網より一本釣を選んだ理由は，船上に引揚げるまでに魚体が受ける激動がより小さい点に留意したからである。

実験は 1952 年 10 月 24～26 日の 3 日間，沼津市我入道地先，距岸約 2000 米の海面で，塩蔵シラスを餌料とする一本釣で，ソーダカツヲを釣り上げ，直ちに船上で試料採取を行つたものである。船は約 2 トンの発動機船で，1～2 名の船頭に操縦と漁場の選定を依頼し，主に午前 7 時～10 時の間に漁獲した。魚種は地方名でウヅワと呼ばれるマルソーダ，*Auxis tapeinosoma* (Bleeker) で，ヒラソーダも，*A. hira* Kishinouye も混獲されたが，実験には前者を用いている。体重は略々一定で約 300 g であつた。

II　魚体の処理方法

漁獲直後の魚体の激しい運動，苦悶等を経過したものと，そのような経歴の全くないものとを区別するために次の 3 区を設けた。

1.　延髄刺殺区

釣り上げた瞬間，直ちに魚体を抑えて，延髄にメスを突刺したもの。この方法で魚は直ちに運動を停止する。血液の流出は殆どないが，放置中，軽く筋肉を動かすことがあり，痙攣のように感ぜられる。

2.　断　頭　区

釣り上げた瞬間，直ちに庖刀で頭部を切落したもの。魚は直ちに運動を停止するが血液の流出は甚しい。切口を海水で洗うような操作は行わない。

3.　苦 悶 死 区

釣り上げたのち，船上で死ぬまで暴れるに任せて放置したもの。これは魚の背が稍々露出する程度の海水

を張つた船底の槽内（容易に手の届く程度）に放つた。換水は行わず，約 10 分で魚体は死に至る。甲板上空気中で暴れたのち死んだ魚体＊は用いていないが，このような区も，鮪漁業の実際を考慮すると設ける可きであつたと考える。又，延縄漁獲の際の死魚に相当する区として，釣り上げた魚を直ちに約 10 米の釣糸に鉤で吊し，再び海中に投じて制限範囲を游泳せしめつゝ致死させる方法も試みたが，試料採取の余裕がなく中止せざるを得なかつた。

Ⅲ　試料採取方法

上述したように魚体重は 300 g 前後であるから，解糖反応の時間的経過を追跡するためには，夫々の時間に於て魚体の異る部分を採取せざるを得ず，従つて各成分の部位別の変動が大である場合は実験結果の討議に堪えぬこととなるので，長時間放置の場合は同一区で 4 尾の魚から同時に採取を行い，この影響を除くことにつとめたが，なほ若干吟味の余地がある。肉は第 1 図に示す順序で，夫々の部位から解剖鋏で切取り，皮，血合を除いて一定量宛，上皿天秤＊＊で秤取し，実験目的に応じた処理を行つた。魚体放置温度は気温であつて 18～20°C である。

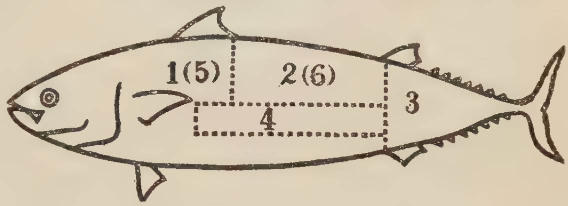


Fig 1. Localities where muscles were taken. Digits, 1 to (6) incicate where muscles were taken in that order, refering to these in the column of locality examined of Table 2. These enclosed in the parentheses shown the opposite side of a corresponding part.

Ⅳ　分析方法

1.　グリコーゲン

筋肉をメスで切取つたのち，乳鉢で細砕することなく，その儘直ちに上皿天秤で 2.0 g を秤取，これを予じめ 30 % KOH 5 cc を容れた中型試験管（50 cc）に投入，アルコール・ランプ上で加熱，攪拌しつゝ肉片を溶融せしめたのち，エタノール 20 cc を加えよく振盪して沈澱を形成せしめる。こゝまでを船上で行い，以後の分析は常法に従つて，3～4 日後に定量を終了した。

3.　乳　酸

肉を乳鉢で細砕，50 g を秤取，大型試験管（100 cc）に入れ予め冷却した 5 % 三塩化醋酸 25 cc を加え直ちに試験管を砕氷中に立て充分冷却しつゝ攪拌，試薬の浸透を完全にした。こゝまでを船上で実施，約 3 時間後に現地の実験室（東京水大沼津実習場）で濾過を行い，濾液 5 cc に 20 % 硫酸銅 2 cc，石灰乳液 5 cc を加えたのち，水を充して 50 cc とし除糖を行い，濾過し，濾液を実験室に持帰り，常法に従つて分析し，分析に供するまでの濾液は −15～−17°C の凍室に保存した。

4.　アムモニア

乳酸と同じ三塩化醋酸濾液 5 cc に就て通気法で全揮発性塩基窒素を定量し，第 5 表の結果を除いては，この値をアムモニアとして表現した。受溜は沃度酸加里含有 N/100 硫酸を用い，5 % 沃度加里を加え，1 % 澱粉溶液を指示薬として N/100 次亜硫酸ソーダで滴定，アムモニア窒素を算出した。第 5 表に掲げたアムモニア＊＊＊は Conway Unit を用い，内室に N/100 硫酸 1 cc 及水 1 cc，外室に濾液 1 cc 及飽和炭酸加里 1 cc を加え，密閉後 26°C で 100 分間拡散後，内室より 1 cc をピペットで採取，之に水 10 cc を加え，Nessler 試薬 0.4 cc を加え，30 分後に Coleman 比色計にて，420 mμ で比色測定を行つている。

＊　*Anoxemia* の例としては水中で死ぬ場合よりはその影響が大であろう事を予測せしめる。

＊＊　ゆれの多い船上では，これ以上の精度の天秤は使用出来ない。容器，試薬等を予め秤量しておき，検体は秤量することなく，投入する方法も場合によつては有効であるが，こゝでは採用していない。

＊＊＊　このアムモニア測定の吟味は河端によつて別に報告の予定である。

5. アマイド態窒素

アムモニアと同じ三塩化醋酸濾液 2 cc に 0.2 cc の 50 % 硫酸を加え，5分間沸騰浴中で加熱，50 % 苛性ソーダで中和後，10 cc の定容とし，その 1 cc に就て上記 CONWAY 法により，全アンモニア態窒素を測定し，この値より前項のアムモニア態窒素を控除した値を以て，アマイド態窒素とした。

実　験　結　果

I　魚体温の測定結果

釣り上げた魚体の肛門から棒状水銀寒暖計を挿入し，水銀槽の尖端が略々魚体中央部の背骨附近に達するようにして測つた魚体温は第1表の如くである。この時の気温は 16°C，海水温 20°C で，測定は午前8時25 分から約 50 分間に亘つて行つた。

Table 1.　Temperature of frigate mackerel died after struggling on deck.

Sample Number	Body length	Time elapsed after hooking				
		1 min	3 min	8 min	20 min	45 min
	cm	°C	°C	°C	°C	°C
1	26.5	31.0	29.0	28.0	26.0	24.0
2	29.0	28.5	—	—	—	—
3	30.0	27.5	—	—	—	—
4	27.0	29.0	—	—	—	—

この結果から明かなように，魚体は苦悶中に約 10 °C に近い体温上昇を示すことがわかる。但し，延髄刺殺或は断頭の如き即殺した魚体温を測つていないのでその比較は出来ないが，このような温度上昇が筋肉中の生化学的反応を強めるに役立つだろうことは想像される。

II　断頭による放血の効果

魚体からその頭部を切断する際，放血が行われることは上述したが，処理後約3時間を経た魚体につき皮膚をメスで丁寧に剝ぎ取り，皮下の毛細管中の血液の存否をしらべた結果，頭部を除かぬ苦悶死のものでは末端にまで血液の残留が認められたが，断頭のものでは，これら血管中の血液は全く見られず，この処理によつて，かなり完全に脱血されたものと想像される。

III　硬直状態の観察

苦悶死型の魚体では，それが空気中で死んでも，船底の水槽中で死んでも，10 ～ 20 分位の短時間で硬直に入る。ところが，断頭或は延髄刺殺の場合では，数時間後に於ても，硬直らしい状態にならない。特に後者に於て，その傾向が著しく，釣り上げて4時間後になお筋肉が運動し，魚体がかるく跳ねるのを観察し得た。これは一種の仮死状態とも称すべきもので，適当な殺し方を考案すれば，漁船上，殊に南方海域での船上処理に有効だろうと考える。少くとも，硬直に入るまでの間は，腐敗の進行は起り難いのであるから，海水温，気温ともに高い地方での漁獲物の処理に際しては，氷蔵その他の処理までに起り得べき変敗を回避するための時間を稼ぐことが可能であろう。

なお，正確な記録は今後整備したいと考えているが，延髄刺殺区の硬直状態は，苦悶死区のそれ程，顕著でないように見受けられた。又，筋肉の状態も，苦悶死区に比較して，透明感に富み，粘調であり，たとえば乳鉢中で，すり潰さうとしても，塊状となつて，容易につぶし得ず，凍結した場合も，筋肉と骨との分離が鮮やかに行われ，普通の肉では観察し得ないような特色がみとめられた。pH が相当時間降下しない点からも，上述の現象は一部理解し得られないことではないが，なお研究の対象として興味があろう。

IV　魚体部位別による各成分量の変動

延髄刺殺による魚体1尾を用いての漁獲直後と同5時間後のグリコーゲン，乳酸，アムモニア量を分析した結果は第2表の如くである。

Table 2. Amount of glycogen, lactic acid and ammonia in different parts of a frigate mackerel of which motor nerve has been punctured immediately after catch (mg %)

Number of locality examined	Locality examined	Glycogen in 0 hr	Glycogen in 5 hrs	Lactic acid in 0 hr	Lactic acid in 5 hrs	Ammonia in 0 hr	Ammonia in 5 hrs
1	Back muscle (anterior)	380	100	210	775	5.5	11.7
2	Back muscle (posterior)	650	180	430	910	6.4	9.8
3	Tail muscle	560	560	270	775	4.1	5.1
4	Side muscle	410	250	330	950	3.7	14.0

Remarks: Digits, 1 to 4, refer to these of Fig 1.
Dark muscle were thoroughly removed in all samples.

第2表の結果によると部位別の差異が存在することが分かるが，0時間にグリコーゲンが多く乳酸が少く，5時間には，グリコーゲンが減少して乳酸が増加することは確かである。唯，尾部のグリコーゲン量が5時間後にもあまり変化のない事が問題であるが，酸可溶性有機燐では，魚体部位別の変動が少い結果も出されているので，一応，部位別の影響は少いものとして，以下の分析値を取扱いたい。又，延髄刺殺の場合は後述するような理由によつてグリコーゲンの分解が遅れるから，5時間位の数値が高いことも有得ないとは云えない。又，0時間のアムモニア量が少いことも，この処理方法の特色である。

V 死後短時間に於ける変化

上に掲げた三処理区の死後8時間以内の各成分の分析結果は第3表の通りである。

1. グリコーゲンの消長

表によるとグリコーゲンの保有量の最も多いのは延髄刺殺区で，断頭区之に次ぎ，苦悶死区は最も少い。苦悶死の場合，減少が著しいのは死に至るまでの激動による損耗と考えて差支えないと思うが，延髄刺殺と断頭との間にこのような差が伴うかどうかはなお吟味される必要がある。断頭区に就ての藤巻氏らの結果によると，ATP—P の保有が0時間に於て 52.8 mg %，4時間後に於てすらなお 28.7 mg % であるから，これらの区に於てグリコーゲンの分解が延期されている事実がよく理解出来る。これに反して苦悶死区では ATP 減量が激しく死直後で断頭区の 1/3 に過ぎない。（501 頁参照）延髄刺殺の筋肉で 880 mg % の実測値が得られたことは，予測される事実には違いないが，重要であろう。これによつて，マグロ，カツヲ等の生活時の筋肉グリコーゲンが約 1000 mg % のレヴエルにあることが推定し得る。

次に注意さる可きことは，死後1時間半乃至2時間で，グリコーゲンの増量が認められることである。この現象は三区共通に存在するし，一応再成と見做してよいであろう。当初の絶対量にはむろん相違はあるが増加量は 280～390 mg % で，特に苦悶死区に少いとも考え難いので，この再合成に関与する酵素系と，魚体の致死条件との関係は追求される価値があろう。

2. 乳酸の消長

死直後の乳酸量は苦悶死区に最も多く 30 分後には一旦減少するが，結局短時間のうちに高い数値にまで到達している。この場合，1000 mg % に達するのが，3時間半位である。死後 30 分位で乳酸が減少する傾向は程度の相違はあるにしても，どの区でも認められるのは，グリコーゲンの再成の場合と相似である。その中で，苦悶死区の以後の乳酸の上昇が阻止されずに早期に極大に達するのは，逆の解糖反応の能力が弱ま

Table 3. Changes in amount of glycogen, lactic acid and ammonia in muscle of the three groups at 18～20 °C (mg %)

Group A　Fish of which motor nerve has been punctured by knife immediately after catch.

Time elapsed hour	0	0.30	1.30	2.45	4.45	7.45
Glycogen	600	570	880	490	600	350
Lactic acid	270	210	200	240	430	520
Ammonia	3.1	8.2	16.8	7.4	5.4	11.5

Group B　Fish decapitated immediately after catch.

Time elapsed hour	0	0.30	1.00	3.00	5.00	7.00
Glycogen	340	200	730	200	240	100
Lactic acid	440	400	520	800	910	920
Ammonia	4.6	5.9	8.0	8.4	18.2	16.9

Group C　Fish died after struggling in a hold containing sea water.

Time elapsed hour	0	0.30	1.00	3.00	5.00	7.00
Glycogen	110	250	380	40	60	50
Lactic acid	900	590	620	960	1260	1280
Ammonia	11.2	11.1	5.1	17.0	21.3	22.4

つている事であり，生化学的な意味での死がより早く到来しているとも見られるだろう。従つて，乳酸生成量による死後経過時間の推定法の如きは，その動物の死に至るまでの状況の資料なしには，無意義であると考えられる。又，山田氏らが，水或は燐酸塩溶液中での筋肉懸濁物でみとめたような十数時間後に於ける減少は見出し得なかつた。

3. pH の消長

断頭区と苦悶死区との魚体各部との pH 測定結果は第 4 表に掲げた。これによると，断頭区で釣り上げてから 1～2 分内に測定した，血合を含まない肉の pH は 6.80 前後で，血液のそれと比べると，0.20～0.75 の差がある。従つて，海中を游泳している時の筋肉の pH が 6.80 以上のことも想像されないではないが，これ以上測定までの時間を短縮することが事実上不可能なので，何とも云えない。

僅か 10 分程度の苦悶によつて，正肉の pH は 5.71, 5.90 等の低い値となり，3～4 時間後には 5.53 程度に降下するが，この結果はこの区の乳酸生成量が，3～5 時間で 1000 mg % を越える事実とよく一致している。これに反して延髄刺殺区では pH の減少は小さく，3～4 時間後でも，なお 6.07～6.12 であり，11 時間後ですら 6.00 を保ち，その乳酸生成量とよく対応していると云える。

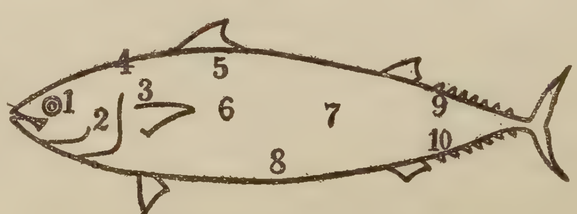


Fig 2. Localities where pH samples were taken. Digits, 1 to 10, correspond to these in the column of locality examined of Table 4.

部位別の差異に就ては，既報したと同様に，漁獲直後に於ても，動眼筋肉，鰓蓋部分の筋肉，胸鰭基部筋肉等が pH 値が高く，しかも此等の位置では苦悶による変動が認め難いことが，あらためて注目される。即ち，これらの部位の筋肉では血合肉と共に解糖反応が微弱であつて，それは又，これら部分の生理的機能と

Table 4. pH values of different parts in frigate mackerel immediately after catch

Treatment	Died instantly by decapitation		Died after struggling	
Sample number	1	2	1	2
Locality examined				
Orbital muscle[1]	6.78	6.68	6.70	6.90
Buccinator[2]	6.82	6.91	6.48	6.80
Muscle around pectoral fin[3]	7.02	6.60	6.63	6.48
Neck meat[4]	6.65	6.51	6.07	6.13
White muscle[5]	6.81	6.83	5.71	5.90
Dark muscle[6]	6.55	6.44	6.28	6.40
Dark muscle[7]	6.47	6.48	6.50	6.29
Ventral muscle[8]	6.59	6.47	6.01	6.08
Tail meat (upper)[9]	6.82	6.80	5.92	5.90
Tail meat (lower)[10]	6.80	6.88	6.20	5.98
Milt	—	6.75	—	—
Liver	—	6.93	—	—
Spleen	—	6.85	—	—
Pyloric coeca	—	6.95	—	—
Stomach wall	—	7.85	—	—
Stomach content	—	6.32	—	—
Heart	—	6.15	—	—
Blood *	7.02	7.21	7.55	7.24

Remarks : Digits, 1 to 10, in the column of locality examined correspond to these in Fig. 2.
*Blood were taken from instantly decapitated fishes only.

関連あるものと想像される。

内臓の pH も一般に高い値を示すが，断頭区漁獲直後では胃壁の値を除いては，筋肉のそれとあまり相違はみとめられない。

4. アムモニア並にアマイドの消長

アムモニアの変化は延髄刺殺区と苦悶死区とでは対蹠的である。死後短時間内のアムモニア生成は ATP 分解による AMP に由来すると見て大過ないであろう。藤巻氏らの測定結果からも，苦悶死区に於ける AMP 量は4時間後にはじめの略々倍量に達して居り，イノシン酸を代表する 248 mμ の吸光値も，断頭区のそれと比較して遙かに大であるから，死に至るまでの魚体の激動によつて，アムモニアが筋肉中に増加することは確実と考えられる。(502 頁参照) アムモニアの測定値については，試料調製が磨砕操作を経ているので問題はあろうが，一応これらの成績から，生存時には 5 mg % 以下であろうと云う推定が成立ち，これが漁獲条件乃至は漁獲直後の処理方法によつて，短時間のうちに変化するのであつて，増量はあくまでも第二次的なものと結論される。然し乍ら，その生成には全く細菌の脱アミノ作用は関与していないのであるから，アムモニアによる魚肉鮮度判定が場合によつては無意義であるとする既報の見解は支持されてよいと思う。又，生存時のアムモニア量が 5 mg % 以下であろうとするこの推定数字が偶々哺乳動物で得られている血中のアムモニアの致死濃度限界と一致した形とはなつたが，硬骨魚類のように，窒素排泄の最終形がアムモニアであるものが果してこの濃度で障害を受けるかどうかは問題であつて，他の研究に俟つ可きであろう。

次に興味ある現象は死後経過中のアムモニアの減少である。延髄刺殺区では処理を行つてより1時間半にかけてアムモニアの上昇がみとめられて，以後減少してそのまま8時間までは低位を保ち，再び漸増する。苦悶死区では減少期は1時間後にあるだけで，以後は乳酸の増加と平行して短時間で 20 mg % に達している。いずれにしても，アムモニアの減少の起るのは事実と見てよいであろう。このような消失アムモニアの行方は，例えば山田氏の述べているようなグルタミンへの移行であろうか。第5表は両区に就てのアムモニア，アマイドの定量結果であるが，この表で一応アンモニア減少期と見られる延髄刺殺区の約9時間までのアマイドは殆ど増加していないのである。グルタミン形成のためには，又 ATP の参加が必須であるが，4時間後では未だかなりの ATP 残存がみとめられるのであるから，その形成が行われてもよい筈であるにも不拘得られた成績ではアマイド態窒素に見る可き増量がない。少くともこの窒素が 5 mg % の位で増加しないと

Table 5. Changes in amount of ammonia and amide nitrogen in muscles of the two groups during storage at 18～20° C (mg %)

Group A Fish of which motor nerve has been punctured by knife.

Time elapsed	2.35	3.05	4.05	5.00	8.50	11.20
Ammonia nitrogen	12.8	10.4	11.2	15.0	22.6	26.3
Amide nitrogen	5.5	4.2	4.5	5.3	5.4	1.7
pH	6.18	6.07	6.12	6.13	—	6.00

Croup B Fish died after struggling on deck.

Time elapsed	2.35	3.05	4.05	5.00	8.50	11.20
Ammonia nitrogen	22.6	22.9	23.6	20.8	22.6	27.5
Amide nitrogen	3.3	2.0	2.4	2.5	3.2	4.2
pH	5.70	5.53	5.60	5.58	—	5.73

グルタミンへの転換で説明することが困難であるので，この点は更に追試を重ねた上で，論定したい。又，両処理区を比較すると，苦悶死区にアマイドが少いのであるが，その減少が激動による苦悶に基くものかどうかも，更に精しくしらべたいと考える。

Ⅵ 死後長時間に於ける変化

死後短時間内に起る筋肉中の生化学的変化の相違が更に放置時間を延長した場合どのような経過を辿るかを知るために，延髄刺殺区と苦悶死区とにつき，各4検体宛，乳酸及びアムモニアの分析を行つた結果が，第 6, 7 表である。

第6表の数値は変動はあるにしても，当初アムモニア，乳酸共に少い点，第3表に得られた成績と同様であつて，その確認と云うことが出来よう。乳酸量が 1000 mg % に達するのは約 10 時間，1300 mg % に達するのは約 20 時間と見てよいであろう。50 時間以後の減少は腐敗に基くものと考えられる。

これに反して，第7表の苦悶死区では，アムモニア，乳酸共にはじめから増量して居り，乳酸量 1000 mg % は既に 5 時間以内に到達している点第3表の試料ともよく一致し，1300 mg % は約 10 時間であるから，これに比べると延髄刺殺区の解糖作用は略々2倍延長されていることがわかる。極大値には両区とも差

Table 6. Changes in amount of ammonia, lactic acid and pH value in muscle of motor nerve punctured group during storage at 18～20° C (mg %)

Time elapsed		0	3.00	9.30	22.30	34.30	52.30	77.20
Ammonia	1	—	—	—	—	19.1	27.6	—
	2	9.4	10.1	12.7	23.1	—	22.9	—
	3	4.4	4.8	11.9	20.3	19.4	21.1	—
	4	11.0	9.3	14.4	18.9	20.8	15.9	—
Lactic acid	1	640	575	990	1260	1520	1120	1390
	2	560	790	1100	1580	1390	1150	1200
	3	320	530	1230	1270	1200	1310	1150
	4	430	470	990	1390	1500	1280	1140
pH	1	—	—	—	—	5.81	5.95	6.55
	2	—	—	—	—	5.60	5.58	6.00
	3	—	—	—	—	5.73	5.78	6.10
	4	—	—	—	—	5.78	5.81	6.38

Remarks : Sample was timely taken in the order of number marked in Fig. 1 Volatile nitrogen is expressed as ammonia.

Table 7. Changes in amount of ammonia, lactic acid and pH value in muscles of fishes died after struggling during storage at 18～20° C (mg %)

Time elapsed		5	13.00	23.00	35.00	53.00	78.30
Ammonia	1	21.0	17.2	24.2	16.3	27.7	30.5
	2	30.0	17.8	16.3	20.4	24.7	15.9
	3	17.8	17.3	17.6	13.7	23.0	41.6
	4	10.3	13.9	11.0	13.7	21.8	—
Lactic acid	1	1120	1470	1260	1310	1430	1180
	2	1190	1440	1420	1400	1270	1200
	3	1300	1440	1280	1480	1270	1390
	4	1040	1420	1300	1230	1260	1200
pH	1	—	—	—	5.84	5.86	6.09
	2	—	—	—	5.73	5.71	6.12
	3	—	—	—	5.64	5.71	5.95
	4	—	—	—	5.70	6.03	5.96

Remarks : Sample was timely taken in the order of number marked in Fig. 1. Volatile nitrogen is expressed as ammonia.

違はないのであるから，結局到達時間が異ると見做してよいと思う。設備の関係で，放置中の前半の pH を測定していないが，35 時間以後の測定値を見ても，特に両区の間に差が認め難いから，陸上動物で云われる死前の激動が結局 pH に差を生ずると云う現象は起りにくいようである。又，乳酸の絶対量が 1400 mg % の高い値に測定されている点，問題があるが，分析法は一応吟味してあるので，他の要因について検討している。又，53 時間後のアムモニア量についても，両区の間の差はみとめられない。然し，長時間放置後の試料は，腐敗の難易を判定する目的には，適当でなかつた点もあるので，この点は次の機会に確める積りである。

摘　　要

1. 1 本釣による漁獲直後のソーダカツヲを，延髄刺殺，断頭，苦悶の三種の方法で殺し，18～20 °C に於ける筋肉の死後変化を観察した。

2. 苦悶により魚体温は約 10°C の上昇を見る。

3. 死後硬直の開始時間は苦悶死による魚体が遙かに早く，延髄刺殺では延長される。

4. 死後一定時間に，いずれの処理法によつても，筋肉がグリコーゲンの再成がみとめられたが，グリコーゲンの減少は苦悶死が最も速く，延髄刺殺が比較的長時間これを保有する。

5. グリコーゲンと関連して，乳酸は苦悶死が早く最大値に達し，反対に延髄刺殺では緩徐に増加する。但し，両区とも，その最大値は略々に一定である。

6. 筋肉の pH はその乳酸生成量とよく一致している。又，動眼筋肉，鰓蓋肉，胸鰭附近筋肉等の pH が魚体の履歴に関係なく高い値を示すことは既報の結果と同様である。この外，釣り上げた直後の血液その他各種臓器の pH 測定値を示した。

7. アムモニアは死後数時間以内に著しい増減を示す。延髄刺殺では 0 時間に少く，1～2 時間で最大に達して，以後減少し，苦悶死では，0 時間に稍多く，1 時間で減少，以後急増し，結局，腐敗開始前のアムモニア量は苦悶死区に多く 20 mg % 以上に達する。

8. アマイドは苦悶死に少く，延髄刺殺に多い。後者に見られる死後 3～5 時間のアムモニアの減少がアマイドへの転移と認定するためには，アマイドの増減が少な過ぎる。

9. アムモニアの母体は一応 AMP と推定される。

10. 三種の処理方法による解糖反応の相違は，グリコーゲン，乳酸，アムモニアに関する限り，反応生起の遅速と云うことで解釈出来るのであろう。又，延髄刺殺区の解糖作用は，苦悶死区の略々2倍延長されると見てよいであろう。

本研究に就て種々御助言を賜つた右田博士に感謝の意を表する。又，実験結果について御熱心な討議をして頂いた藤巻正生氏，須山三千三氏に御礼申上げる。なお，現地実験に際し，多大の後便宜を与えられた東京水産大学川口教授，鈴木講師に深謝する。

文　　献

1. E. C. Bate-Smith : Advances in Food Research, vol. **1**, 1～39, (1948).
2. G. A. Reay and J. M. Shewan : Advances in Food Research, vol **2**, 343～398, (1949).
3. J. J. R Macleod and W. W. Simpson : Contrib. Can. Biol. Fish. N. S. **3**, 439～456, (1927).
4. N. I. Macpherson : Biochem. J. **26**, 80～87, (1932).
5. J. G. Sharp : Proc. Roy. Soc. London B. **114**, 506～512, (1934).
6. 安藤貞，佐久間今朝四，萩野珍吉：日水会誌，**8**, 23～26, (1939).
7. 山田紀作，新間彌一郎：日水会誌，**14**, 23～26, (1948).
8. 山田紀作，新間彌一郎，鈴木たね子：日水会誌，**14**, 41～43, (1948).
9. 山田紀作：日水会誌，**14**, 44～47, (1948).

漁獲直後の処理方法が肉質に及ぼす影響—II. ソーダカツオ筋肉の酸可溶性燐酸化合物の變化について

藤 巻 正 生・古 城 健 三
(東大農学部農芸化学教室)

Handling Effect upon Biochemical Change in the Fish Muscle Immediately after Catch—II. Changes of Acid-soluble Phosphorus Compounds of Frigate Mackerel Muscle

Masao FUJIMAKI and Kenzo KOJÔ

Postmortem changes of acid-soluble phosphorus compounds of fish muscle were studied to know how the immediate treatments after its catch have effects upon the glycolysis.

Frigate mackerels, Auxis tapeinosoma (Bleeker), caught by angling were divided into two different killing groups: the one was instant death which was killed cutting head off immediately after the catch, and the other death in agony which was dead after struggling for several minutes in the sea-water pool at the bottom of fishing boat.

As shown in table 1, remarkable differences of acid-soluble phosphorus compounds were recognized between the fish muscle of instant death and death in agony.

For example, the quantity of true inorganic P increased only slightly in the muscle of instant death, but did almost as twice as original amount in four hours after death in the muscle of death in agony.

On the contrary, the quantity of adenosine triphosphate in the muscle of death in agony, decreased very rapidly disappeared within four hours after death, and it was recognized to enter into full rigor.

Moreover, the quantity of both adenylic and inosinic acid which was derived from the breakdown of the former, increased rapidly in this muscle, so the reason why more ammonia yielded in the fish muscle of death in agony than in instant death was considered to depend upon deamination or glutamine immediatly after the catch and desamination of adenylic acid during the autolytic process.

竿釣によつて漁獲した「さば」筋肉中の乳酸量が大謀網によつて漁獲した「あじ」筋肉中の乳酸量より少いことやこの「あじ」筋肉中の乳酸量が底曳網で漁獲した鮫肉のそれに近いことから漁法により或いは魚体筋肉の疲労により生成乳酸量が影響されることは既に山田氏により考察されている[1]が，魚法の差が肉質に影響を及ぼすのは主として死直前に於ける魚体筋肉の疲労によるものと仮定すると同一の魚種で漁獲直後の処理により，即ち筋肉の疲労（漁法）により筋肉の解糖作用が死直後及びその後の経過に於て如何に異るかは前項天野氏等の研究で始めて明らかにされたところであろう。著者等はこの著しい解糖作用に関与する酸可溶性燐酸化合物の分別定量を行つて解糖作用の様相を明らかにするとともに死後硬直との関係或いは山田

1953 年6月2日受理（印費刷負担）

氏も指摘された死後筋肉に於けるアンモニアの発生との関係についても推論した結果を報告する。

魚肉の酸可溶性燐酸化合物については TARR が「たら」等について分別定量を行つてラットの場合と比較している[2]し，また山田氏は洄游魚の肉質変化の研究に於て漁獲後時間毎に酸可溶性燐酸化合物の一部について定量を行つている[3]が供試料の扱い方，定量方法，実験結果等に若干の問題があるものと考えられる。

実 験 方 法

前項同様に竿釣で漁獲したソーダカツオ *Auxis tapeinosoma* (BLEEKER) を直ちに断頭放血したもの（直殺区）及び船底の海水中に投入して苦悶死に至らしめたもの（海水中と雖も 5～10 分以内に激しく苦悶しつつ死に至る，苦悶死区）の 2 区に分ち，魚体は氷蔵し，一定時間毎に脊肉約 7 g を採取した。試料肉は船上粗天秤で秤量後直ちに冷トリクロル醋酸一定容を入れた試験管中に投入し，硝子棒ででき得る限り磨砕し，氷冷しつゝ実験室に持帰り，精秤後ブレンダーにて常法の如く磨砕浸出を行つた。酸可溶性燐酸化合物の分別定量は LEPAGE の方法[4]によつた。即ちトリクロル醋酸浸出液について直ちに無機燐酸及びクレアチン燐酸（CP）の定量を行い，またこの浸出液をバリウム不溶部及び可溶部に分別し，バリウム可溶部を更にアルコール不溶部及び可溶部に分別し，それらの各区について全燐酸，無機燐酸，燐グリセリン酸（PGA），アデノシン三燐酸（ATP），アデノシン二燐酸（ADP），ヘキソース二燐酸（HDP），グルコース 1 燐酸（G1P），グルコース 6 燐酸（G6P），フラクトース 6 燐酸（F6P），リボース燐酸（RP），アデノシン一燐酸（AMP），トリオース燐酸（TP），燐ピルビン酸（PPA）の定量を行つた。これを簡単に図示すると第 1 図の如くなる。

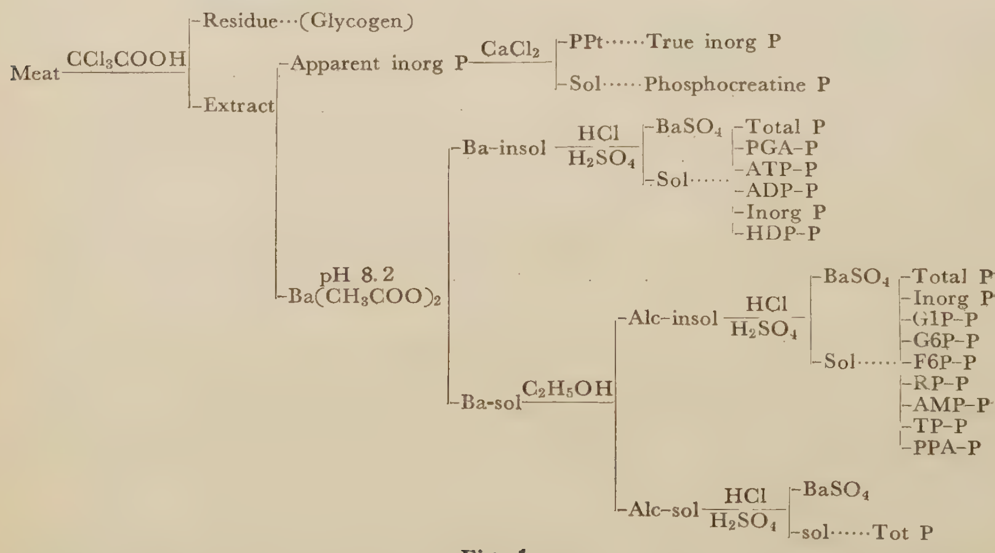


Fig. 1

なお燐酸の比色定量は中村氏の変法[5]によつた。試料肉の部位によつて酸可溶性燐酸化合物の変動がないことは鯉肉について著者等が既に確めたところである[6]。また一部の実験は CP の比較定量のため現地でバリウム沈澱の操作まで行い，後氷冷しつゝ実験室に持帰つた。

実 験 結 果

酸可溶性燐酸化合物が直殺区と苦悶死区とで，しかも時間的経過に於て如何に異るかは第 1 表 1 及び 2 に示してある。

Table 1-1. Effect of death condition on postmortem changes of acid-soluble phosphorus compounds of frigate mackeral muscle, Auxis tapeinosoma (Bleeker)

Treatment	Fish decapitated immediately after catch			Fish died after struggling		
P mg% \ hrs	0	4	8	0	4	8
Total P	289.0	273.4	294.9	287.9	300.1	——
True inorg-P	95.0	93.7	118.0	109.5	196.9	214.9
Phosphocreatine-P	12.1	2.2	0	3.0	0	0
Ba-insol fraction						
Total P	133.8	121.5	——	130.2	127.6	167.0
PGA-P	0	0	0	0	0	1.2
Inorg-P	43.4	50.7	76.5	74.7	131.6	155.8
Δ7P	56.0	41.5	33.3	31.4	0.6	0.8
Pentose	185.7	154.5	52.1	123.9	28.1	16.9
ATP-P	52.8	28.7	——	17.4		
ADP-P	41.5	44.7	——	40.0		
HDP-P	0					
Ba-sol Alc-inosol fraction						
Inorg-P	53.0	42.2	30.0	31.7	48.8	47.0
G1P-P	17.2	15.9	10.5	6.6	3.6	1.4
G6P-P	56.0	80.6	29.5	96.7	0	12.8
F6P-P	1.8	3.0	11.8	5.6	1.8	2.4
AMP-P	13.0	13.0	15.2	11.7	20.8	23.9
Pentose	72.3	71.4	119.1	99.2	206.5	236.4
RP-P	1.5	1.3	8.6	8.1	20.5	23.4
TP-P	0					
PPA-P	0					
Ba-sol Alc-sol fraction						
Total P	7.3	7.7	5.7	5.9	12.1	8.9

Table 1-2.

Treatment	Fish decapitated immediately after catch		Fish died after struggling	
P mg% \ hrs	0	4	0	4
Total P	308.0	304.5	301.2	287.9
Ba-insol fraction				
Total P	163.1	175.5	121.8	158.1
PGA-P	0	0	0	0
Inorg-P	78.9	84.7	80.3	138.2
Δ7P	43.9	42.7	20.9	5.1
Pentose	235.7	190.9	102.4	15.2
Ba-sol Alc-insol fraction				
Inorg-P	46.7	40.3	48.9	38.8
G1P-P	10.1	7.7	3.9	2.0
G6P-P	57.3	58.6	57.4	0
F6P-P	2.8	4.0	5.4	0.8
AMP-P	13.9	12.0	16.8	19.1
Pentose	77.9	72.6	138.2	191.8
RP-P	1.7	2.5	10.8	19.3

この場合直殺区の魚体は死後8時間後も硬直は殆んど認められなかつたが苦悶死区の魚体は3時間後には完全に硬直に達していた。また pH の変化はその一部を第2表に示す*。

第1表に示してあるように,(1.) 酸可溶性(全)燐酸は漁獲直後の処理の影響も受けず，また時間的にもほ

* ベックマンガラス電極 pH 計による。pH の測定は現地で河端氏にお願いした。記して謝意を表する。

Table 2. Changes of PH value of Frigate mackerel muscle.

	Instant death		Death in agony	
hrs	0	8	0	8
pH	6.81	6.15	5.71	5.65

とんど変化を示していない。(2)無機燐酸は直殺区に於ては僅か増加するにすぎないが，苦悶死区に於ては死直後は直殺区とそれほどの差はないが4時間後には著しく増加する。(3)CP は直殺区にかなりの量が存在し，次第に減少し，8時間後にはその存在が認められない，一方苦悶死区には死直後のみ僅かに存在するにすぎない。もつとも現地でバリウムによる沈澱操作まで行い，氷冷しつつ持帰り定量した値は表中の 12.1 mg%に比較して 47.3 mg%を示した。

バリウム不溶部* では，(4)PGA は殆んど認められず，(5)⊿7P は直殺区に多く，しかも死後8時間後になお死直後の約 60%が残存するに反して苦悶死区に於ては死直後でさえ直殺区の 60%以下であり，4時間後には完全に消失する。(6) ATP の変化は⊿7P のそれに類似し，死直後に於て苦悶死区の ATP は直殺区の 1/3 にすぎない。なお現地でバリウムの沈澱操作まで行つた直殺区の試料では死直後の ATP-P 含量が 80.3 mg%を示し，ADP-P は無い結果を示した。(7) HDP は認められなかつた。

バリウム可溶アルコール不溶部では(8) G1P は両区とも漸減するが直殺区の含量が苦悶死区のそれに比較してはるかに多い。(9) G6P は直殺区に於ては4時間後増加し，8時間後著しく減少するが苦悶死区では死直後既に多く，しかも4時間後には存在が認められないような著しい変化が見られる。(10) F6P は直殺区に漸増し，逆に苦悶死区では漸減する。(11) AMP 及び RP は両区とも時間の経過とともに増加するが両形態の燐酸ともその量は苦悶死区に多い。なおベックマン石英スペクトロホトメーターによる波長 248 mμ(イノシン酸)及び 260 mμ(AMP)に於ける吸光値の時間的変化を第2図に示す。

図に示してあるように，直殺区では死後4時間までは変化なく且つ 260 mμ の吸光値は 248 mμ のそれより僅かに大きいが 8 時間後には逆転する。之に反して苦悶死区では常に 248 mμ の吸光値の方が大きく，また4時間後の増加は著しい。しかも 248 mμ と 260 mμ との吸光値の差も大きくなる。(12) TP 及び PPA は認められなかつた。

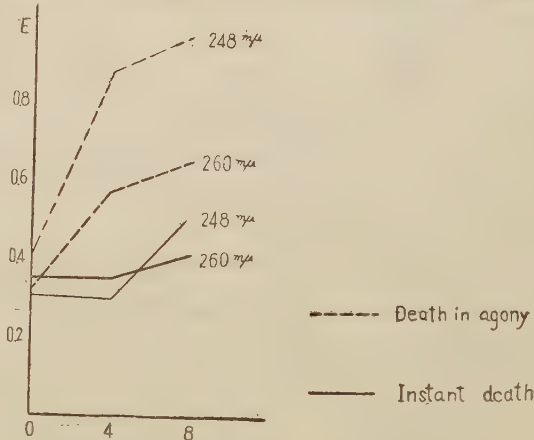


Fig. 2 Absorption spectrum of Ba-sol alc-insol fraction of trichloroacetic acid extract of frigate mackerel muscle.

考　　察

無機燐酸が死直後直殺区より苦悶死区にやや多いことは苦悶（疲労）による解糖作用（前項グリコーゲンの変化及び第2表参照）に於ける（CP），ATP の分解の結果生じたと考えられるが，その後4時間にして直殺区には無機燐酸の変化が全く見られないのに反して苦悶死区に於ては約2倍に増加を示していることはこの漁獲直後の処理がそれに伴う死直後ばかりでなく，その後に続く変化にも影響を及ぼすことを示しているものであり，これによつて所謂肉質の変化も当然予想されよう。

* トリクロル醋酸浸出液を醋酸バリウムで処理する場合に直殺区では不溶部分が沈澱し難いのに反して苦悶死区では容易に沈澱が生じた。

死直後 CP は直殺区に相当量存在するが苦悶死区では僅少量しか存在しないが，解糖に伴う ATP の分解による ADP の燐酸化のために消費されるのであろう。「筋肉の支配的物質」[7] とまでいわれる ATP は解糖* が著しく進行する苦悶死区では死直後で直殺区の 1/3 量にすぎず，それも4時間後には消失し，ATP の消失とともに死後硬直が完全に認められた。（筋肉の硬直は直接筋肉から ATP を除去することでおこるという説[8] と一致する。）

ただし解糖のサイクルに於て1分子の解糖から3分子の ATP が生成する理である[9] が生体筋肉の収縮の場合と異り，例えば生じた硬直の消失も ATP の再合成によるものではなく自己分解という変化を考えねばならない[5]。

もつともこの場合逆の解糖即ちグリコーゲンの再成が考えられ，また前項天野氏等の結果に於ても死後筋肉中グリコーゲン量の増加が示されているし，著者等も微弱ながら同様の増加を示す結果が得られた。（但し LePage の方法によるトリクロル醋酸浸出残渣からグリコーゲンを定量した場合，筋肉から直ちに定量した値よりはるかに低い値が得られるようである。このことは天野氏等も確認している。）ただこの場合グリコーゲンの増加が直殺，苦悶死区に関係なく生じていること，しかもこの増加が直殺，苦悶死両区に関係なく，ほとんど等量のグリコーゲンが増加していることは（例えば前項天野氏等の結果で刺殺区及び苦悶死区のグリコーゲンを比較参照）体内に於けるグリコーゲンの合成機構から考えてみると，更に詳細に検討を要する問題であろう。何故ならばグリコーゲンの体内合成には G1P の存在や ATP のエネルギーが必要であり，且つ酵素の合成に対する最適 pH は 6.3～6.5 であることが知られている。而して G1P, ATP 量，筋肉の pH が両区で異ることは第1及び2表に示してある如くで，従つてグリコーゲンの再成が起るとしてもその生成量は両区によつて異ることが当然考えられるからである。次に山田氏の実験に於て「さば」筋肉の無機燐酸塩及び酸可溶有機燐酸塩の消長や「アデニールピロ」燐酸が死直後の僅少量から数時間後に急速に増量する変化等[3] は著者等の実験や家兎肉，鯉肉に於ける実験[6] では認められなかつたところである。

直殺区及び苦悶死区で解糖の著しく異つていることは前項天野氏等のグリコーゲン及び乳酸の定量結果からも明らかであるが乳酸と相関する pH の変化も亦よくこの事実を示している（第2表参照）。

AMP は直殺区に於て8時間後に僅かに増加するのみであるが苦悶死区では4時間後に著しく増加している。更にこの AMP（260 mμ）とイノシン酸（248 mμ）との変化は第2図に示してあるが，248 mμ の吸光値の増加はミオシンの AMP deamidase によつて AMP からイノシン酸の生成とみるべく（opt. pH 5.9～6.1[10]）同時にこれによつて生ずるアンモニアはそれが苦悶死区に多い結果（前項参照）を証明する一つの事実であろう。

山田氏によると筋肉内アンモニアの発生についてはアデニール酸の分解による生成が，逆に発生したアンモニアの減少についてはグルタミンの如きアミドの生成が考察されているが，自己分解過程に於てグルタミンの如きアミドの生成は起り難いものと考えられよう。グルタミンの生成にも ATP のエネルギーが必要であり，その酵素作用の最適 pH は 7.5～8.0 とされている。一方グルタミンの分解に与るグルタミナーゼの最適 pH が 7～9 であること，前項天野氏等のアミド態窒素定量結果によると死直後から時間的変化はあまり見られぬこと等を考えると，苦悶死区の魚肉にアンモニアの多い結果は i）漁獲直後に於てグルタミンの如きアミドの deamination による生成と ii）それに続く過程に於てアデニール酸の deamination による生成とを理由に考えることができよう。（イノシン酸自身の定量は将来行いたい。）従つて既に河端氏，著者，及び天野氏等が報告したアンモニアによる魚肉鮮度判定が場合によつては意義がないこと[11] がいよいよ明らかされたものといえよう。

魚体筋肉の疲労や漁法により筋肉の ATP の消失が異る結果死後硬直の開始が異る（遅延する）ことは明

---

* 一般に解糖は死後早期に著しい[6]。

らかとなつた。しかもこの場合硬直時間の長さが異るものか否かは未だ明らかでないが，少くとも硬直開始の遅延による魚肉の鮮度保持が行われ得ること* は確実であろう。しかもかかる漁獲直後の処理が単に硬直開始の遅延のみならず，また肉質そのものに影響するであろうことはこの実験に於ける肉質の外観（透明性や弾力性）からばかりでなく，例えば著者及び天野氏等のビンナガマグロその他に於ける筋肉中遊離アミノ酸の差異等からも推察され得るがこの点については別報に譲ることとする。

終りに本実験に御指導を賜つた東大教授佐々木林治郎先生に厚く御礼を申し上げます。また本実験の機をお与え下さいました上種々助言を載いた東海区水産研究所天野博士及び予防衛生研究所河端技官に厚く謝意を表する。なお吸収スペクトルの測定は東大水産化学教室長谷川嬢にお願いした，また本研究の費用の一部は農林省農林漁業試験研究費に仰いだ。共に記して謝意を表する。

文　　献

1） 山田紀作，新間彌一郎，鈴木たね子：日水会誌，**4**，41 (1948).

2） H. L. A. Tarr : *J. Fish. Res. Bd. Can*, **7**, 608 (1950).

3） 山　田　紀　作：日水会誌，**14**. 44. (1948)

4） W. W. Umbreit, R. H. Burris and J. F. Stauffer : "Manometric Techniques and Tissue Metabolism", Burgess Publishing Co., Minn. (1951), p. 185

5） 中　村　道　徳：農化，**24**，1 (1950)

6） 佐々木林治郎，藤巻正生，古城健三・農化講演，(1953).

7） A. Szent-Györgyi : "Chemistry of Muscular Contraction", 2nd ed., Academic Press Inc., New York (1951) p. 27

8） E. C. Bate-Smith. : "Adv. in Food Res"., vol. 1, Academic Press Inc., New York (1948)p. 1

9） E Baldwin, : "Dynamic Aspects of Biochemistry", 2nd ed. Cambridge Univ. Press, (1952) p.406

10） 7) p. 57

11） 河端俊治，藤巻正生，天野慶之，富谷章子：日水会誌，**18**，124 (1952).

---

* ビンナガマグロについての実験が天野，河端，下田，三氏及び著者の一人によつて行われている。

トリメチルアミンオキサイド還元酵素に関する研究—I.

洄游魚血合肉中におけるトリメチルアミン態窒素増加の特異性

河　端　俊　治
（予防衛生研究所）

Studies on the Trimethylamine Oxide-Reductase—I.
Reduction of Trimethylamine Oxide in the Dark Muscle of Pelagic Migrating Fish Under Aseptic Condition

Toshiharu KAWABATA

Generally, the reduction of trimethylamine oxide in fish muscle is believed only due to the bacterial agents, and the trimethylamine level provides the best indication of bacterial deterioration in marine fish muscle. This experiment revealed that relatively large amount of free trimethylamine was contained in the dark muscle of pelagic fish, such as albacore (*Germo alalunga* (G.)) or frigate-mackerel (*Auxis tapeinosoma* (Bleeker)), tested immediately after catch and that marked increase in the amount of this amine was observed even under aseptic condition. On the other hand, no appreciable amount of trimethylamine was produced in the white muscle of these fish under the same condition.

Trimethylamine oxide, when added to the dark muscle tissue, was reduced to corresponding amine during aseptic incubation, but no reduction occurred when added to the white muscle. Trimethylamine oxide reducing ability was storongy diminished or inhibited when treated with heat or added with dipyridyl or potassium cyanide as inhibitor which is known to have strong inhibitory influence on the enzyme with heavy metal atoms, especially iron.

Despite the treatment with heat, a slight reduction was noted in the case of dark muscle ; this might be caused by the thermostable and automatic reducing system contained in the tissue.

These results obtained suggest the existence of certain biological system somewhat like the trimethylamine oxide-reductase present in certain bacteria.

カツヲ，マグロのような洄游魚では血合肉の発達が著しい。これは活潑な運動をし旺盛な新陳代謝を営む魚種にとつては重要な生理的機能を果しているものと推察される。先に筆者等が行つた新鮮なビンナガマグロの各部位 pH 値の変動[1]や，全魚体のまゝの放置間の変化[2]についての研究の際に，正肉と血肉では新鮮時から貯蔵中或は腐敗過程に可成り違つた生化学的変化が見受けられた。殊に最近魚肉鮮度判定上すぐれた指標の1つとして各方面から注目されている Trimethylamine 態 N (TMA-N) の増加に興味ある現象が見受けられた。即ち従来魚肉腐敗時に生成される TMA-N の大部分は海産魚肉中の特殊成分と考えられている Trimethylamine oxide (TMAO) を母体とし或種の細菌の還元作用により生成されるもので，所謂自家消化の際には全く生成されないものとされて来たが[3,4]洄游魚血合肉では全く細菌以外の原因殊に血合

1953年6月2日受理（印刷費負担）

肉中に存在する還元酵素により生成され，その量も鮮度判定上無視出来ないと思われるのでこゝに報告する。

実　験　方　法

1. TMA-N の測定：方法の簡便性と良好な感度のため原則的に DYER の picrate 比色法を用い，更に cis-aconitic acid 法と CONWAY の微量拡散法を併用した。

Dyer 法は原法[5]を若干修正し Toluol 抽出に円筒型分液ロウトを用い，比色には COLEMAN 光電比色計で 410 mμ にて測定を行つた。尚本法は一般に amine 類に対し選択性が少いものと考えられるので血合肉については，第3級に高い特異性を有するといわれる cis-aconitic acid 法（CROMWELL 原法[6]を藤巻氏[7]の若干修正した方法）を併用した。又 TMAO の還元能の測定試験には用いた酵素阻害剤の上に前2者の方法を妨害するものがあることが判つたので CONWAY の微量拡散法によつた。[8]（30°C, 60分拡散）

2. TMAO の測定：LINTZEL 法[9]や DYER 法[10]に準じ Devarda 合金を還元剤とした。即ち試料（三塩素醋酸抽出液）5 cc に 0.5 g の Devarda 合金，1 cc の 6 N HCl を加え沸騰水浴上で 15 分間加熱し，冷却後 25 又は 50 cc の定容とし，之について DYER 法又は cis-aconitic acid 法で全 TMA-N を求め別に測定した TMA-N を差引いた値を以て示した。

3. 揮発性塩基窒素：食品衛生検査指針の公定法[11]による。 4. pH：ベックマンガラス電極 pH 計によつた。 5. 細菌数：無菌的に採取した試料について標準寒天培地[12]を用い常法により混釈平板を作成し 30 °C にて 48 時間内好気的に培養し，発生したコロニー数を以て示した。

6. 分離菌の TMAO 還元能（WOOD's test）[13] 分離菌を Trimethylamine oxide 培地に接種 30°C, 48 時間培養後 WOOD の法により TMA の生成を調べた。

7. TMAO 還元試験：血合肉及正肉に TMAO を添加し分解能を調べたが，その方法及条件の詳細は夫々の個所で記載した。尚防腐剤には Toluol（2% Thymol 添加）及 NaF を用いたが，前者は Dehydrogenase に弱い阻害作用を示すのでこの試験には不適当であるが，後者はこの影響は殆どなく，且細菌の場合には TMAO 還元酵素の阻害しないこと[14]が知られている。予備試験で基質中に M/10 ～ M/20 の NaF が加わつていれば 20～30 °C で少く共 48 時間は防腐されることが確められている。

実　験　結　果

1. 血合肉変質の生化学的変化

1951 年 12 月静岡県水試富士丸の漁穫した新鮮なビンナガマグロ4尾（各 18 ～ 20 kg）を全魚体のまま 8～13°C の室温で1週間放置しその間 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 日目に夫々の魚体より背部，腹部及血合肉を約 20 g ずつ採取し揮発性塩基，pH，TMA-N の変化を追求した。その結果は第1図に示したが紙面の都合で1例のみの結果を記載した（No. 35 魚，漁獲時生存区）他の3尾についても略々同様の結果が得られた。

（1） 揮発性塩基の変化より判るように供試魚体は6日後に漸く腹部肉の腐敗が始まつた程度でそれまでは官能的にも腐敗の徴候が認められなかつた。

（2） タラ等の新鮮肉では 0.2 mg 位の TMA-N で存在する[15]といわれているが，供試魚も最初は同じ order で鮮度のよいことを裏付けているが血合肉では初めから 4 mg 以上もあり，全く奇異な感を抱かせた。而も腐敗の始まらない2日目に急上昇し 7 mg にも達し，それ以降は一定の高さを保つた。この現象は他の3尾でも全く同様見られたが，その高さは No. 36 魚では 6.8 mg %，No. 39 魚では 7.6～8.5 mg %，No. 41 魚では 7.4～8.0 mg % と夫々略々一定値を保つた。尚併行して行つた cis-aconitic acid 法でも殆ど差が認められなかつた点からも一応 TMA-N と考えられ，而もこの形成が腐敗以外の原因で行われるものであろうと推察されるに至つた。

（3） ビンナガマグロの正肉では TMA-N による腐敗初期の限界は大体 5 mg % 附近[16]にあるらしい

が，この血合肉中の数値は注目されるべき数値といえよう。

（4）血合肉の pH 値が正肉より高目に出ることは既に発表[1]した所で，これは乳酸含量が正肉に較べ少いことが主原因であるが，塩基性の強い TMA の多いことにも無関係であると思われない。

2. 血合肉変質と之に関与する細菌

海産魚肉の腐敗の際生成される TMA の大部分は Trimethylamine oxide (TMAO) の細菌の還元作用によるもので，一般に自家消化等の際には生成されないと信ぜられている。[3)4)] 他方血合肉の腐敗速度は正肉よりも大きい[7)]ともいわれているので，前の放置試験で特に今の部分が先に分解されたのではないかという疑問も起つて来た。之を確めるため 1953 年2月静岡県水試富士丸にて漁獲されたビンナガマグロの放置試験を行つた際細菌学的検索も併せて行つた。即ち6尾の冬マグロ（中 No. 21, 22, 24 の3尾は漁獲後4週間, No. 25, 26, 28 の3尾は6週間を経，水氷にて冷蔵運搬したもので4週間区の鮮度は普通であつたが，6週間区は外観も良くなく官能的にも鮮度は稍々低下の様子であつた。）の背部の表層及深部の正肉，尾部及腹部及正肉血合肉について無菌的に試料を採取し，常法通り菌数を算定し，併せて前回と同じく揮発性塩基 TMA の測定を行つた。その結果は第1表にて示してある。

（1）供試魚体は入手時既に相当期間氷蔵されていたので，肉の深部まで細菌が侵入していたが表層と内部では明かな差があり当然内部が少なかつた。尾部と腹部では大体背肉表層と大差がなかつた。

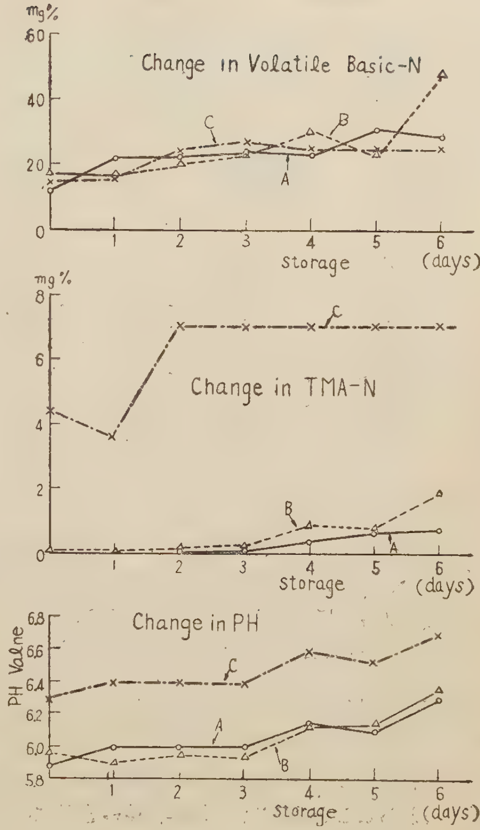


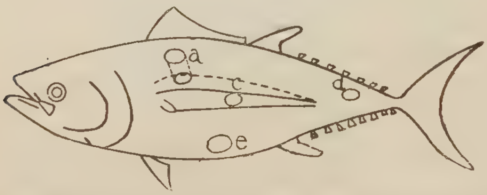
Fig. 1 Biochemical Changes Observed in Various Muscles of Albacore Stored in the Round.
(At 8 to 13°C for 1 week)
A : White muscle of the center
B : Ventral muscle
C : Dark muscle

（2）血合肉も表層肉より菌数が少く，内部肉と同じ order である。之は一見腐敗し易いという常識と矛盾するように見えるが，従来の実験は肉の滲出液やエキス或は細挫試料で行つた比較であつて，全魚体のまゝの実験とは可成り条件が異るし，又全魚体のまゝでもイワシ，サバのような表面血合と，マグロのような深部血合とも同一視することは出来ない。従つてマグロの場合では正肉と血合との腐敗速度の差よりは皮膚の構造，損傷程度及肉層の厚さ等が細菌の侵透により大きく影響するものと思われる。

（3）第1表の血合肉の TMA-N 値も明かに正肉より高かつた。TMA の生成には菌数よりも質的言い換えれば TMAO 還元細菌の存在が肝要である。之を調べるために上記実験の時作成した平板培養（但し4週間目のみ使用）より外見的に異るすべてのコロニーより純粋分離を行い，分離菌について Wood の test[13)] を行い TMAO 還元能を調べた。その結果正肉の深部内血合肉よりの分離菌の殆どが非還元菌で表層肉よりの分離菌に僅かに分解菌が見受けられた。（同時に行つた放置試験では TMAO 還元菌は日数と共に増加して行く傾向が見られた。これについては別に報告する予定である）。従つて相当長期間氷蔵した魚体でも血

Table 1. Bacterial Count in Iced Albacore Muscle by Locality Examined

Fish No.	Locality examined	Bacterial count	Vol. basic N mg %	TMA-N mg %	Fish No.	Locality examined	Bacterial count	Vol. basic N mg %	TMA-N mg %
21	a	7×10^4	16.5	1.79	25	a	1.7×10^5	27.8	1.05
	b	4.5×10^3	15.1	0.88		b	1.2×10^4	16.6	0.78
	c	8×10^3	20.6	5.07		c	1.7×10^3	25.3	7.15
	d	1.2×10^5	26.5	0.62		d	3.5×10^5	41.9	6.14
	e	1×10^5	13.8	0.19		e	2.4×10^5	28.7	1.31
22	a	3.9×10^5	23.3	0.95	26	a	6.5×10^4	30.0	1.60
	b	6.5×10^3	20.3	0.64		b	5×10^4	18.8	0.65
	c	1.5×10^3	26.8	6.57		c	2.2×10^4	26.4	6.73
	d	1.3×10^5	23.6	2.08		d	9.9×10^5	33.3	2.87
	e	2.8×10^5	26.8	0.91		e	1.5×10^4	25.4	1.47
24	a	1.7×10^5	20.0	0.67	28	a	7.3×10^5	20.9	2.40
	b	4.5×10^2	18.3	0.55		b	1.6×10^3	18.8	1.10
	c	1.1×10^3	20.0	6.72		c	6.5×10^4	27.5	8.70
	d	9×10^4	22.0	0.76		d	8.5×10^4	29.3	3.45
	e	1×10^4	18.1	0.40		e	1×10^5	26.8	1.14



a : White muscle, surface layer
b : 〃 〃 deep layer
c : Dark muscle
d : White muscle of tail
e : Ventral muscle

合肉中に TMAO-reducing bacteria が殆ど見られなかつたことは漁獲後早期の血合肉中での TMA の増加が明かに細菌以外の要因で行われることを物語つている。

3. 防腐処置を行つたソウダガツヲ血合肉中の TMA の生成：血合肉中で TMA が細菌の作用によらないで形成されることを確めるため漁獲直後の魚体で実験を行つた。1952 年 10 月静岡県沼津沖にて著者等が釣つたソウダガツヲ * を材料にし船上に試料調製を行つた。即ち漁獲直後の状態を知るためには正肉及血合を三塩素醋酸(TCA)にて固定したものについて求め，別に共栓試験管中に検肉 10 g ずつをとり M/10 NaF 10 cc を加えた区と，同量の肉に 10 cc の Toluol (2 % Thymol 添加)を加えた区を 16～20°C の室温に 48 時間放置後 10 % TCA 10 cc ずつを加え Toluol 区には更に 10 cc の H_2O を加えて得た除蛋白濾液について TMA-N [5] 及び TMAO-N [10] を測定した。その結果は第 2 表に示した。

（1） 漁獲直後正肉の TMA-N は 0.2 mg % 以下であることは DYER がタラで得た結果と一致する。ソウダガツヲ正肉の TMAO-N はビンナガマグロより少く大体 2 mg % である。無菌的な放置試験で増加しないことは全く従来の報告と一致する。

（2） 之に反し血合肉では初めから正肉と顕著な差があり，多いものでは 2～3 mg % にも達する。更に無菌的に著しい増加が認められた。Toluol 添加区は NaF 区よりも一般に TMA-N の生成量が少なかつた。その理由は NaF が防腐効果が少い事よりも Toluol 自身の TMAO 還元能阻害に基くものと思われた。何となれば平行して行つた正肉では Toluol 区と NaF 区には全く同一値を示し，而も腐敗の徴候等は全然考えられなかた点からも明かであろう。又 NaF 添加は DYER 法を全く妨害しない点も実験上好都合である。

4. ビンナガマグロ正肉，血合肉の TMAO 還元能

* この材料の捕獲条件等の詳細は別報天野氏等の論文参照（本誌 490 頁）

Table 2. Development of Trimethylamine-N in Fresh Frigate-mackerel Muscle during Aseptic Incubation.

Sample examined		Immediately after catch		TMN-N content found after aseptic incubation	
	Fish No.	TMA-N found	TMAO-N found	NaF added	Toluol, thymol added
White muscle	1	0.15 mg %	1.80 mg %	— mg %	0.29 mg %
	2	0.15	—	0.23	0.20
	3	0.18	1.40	0.24	0.25
	4	0.17	2.10	0.21	0.21
	5	0.21	1.50	0.30	0.29
	6	0.17	1.40	0.18	0.23
Dark muscle	1	0.63	18.8	18.3	3.90
	2	0.89	18.3	9.90	5.20
	3	2.47	18.4	9.60	11.2
	4	3.09	15.3	14.2	10.4
	5	1.96	11.5	9.40	6.40
	6	2.93	13.4	13.0	11.9

Incubation : Room temperature (18～20°C), for 48 hours.

血合肉中で生成されるものが果して TMA であるかどうかの決定は目下試験中であるが，他方之を間接に知るには血合肉中での TMAO の還元能を調べることによつて行い得る。そこで既知量の TMAO を添加しその分解の程度を調べた。即ち 1953 年2月清水に水揚されたビンナガマグロ（冬マグロ）の磨砕した正肉，血合肉各 10 g ずつを共栓試験管中にとり 10 cc の燐酸緩衝液（Sörensen, pH 7.0），10 cc の M/5 NaF 液を添加し，之に 1 cc ずつの M/10 TMAO（HCl 塩）又は水（対照）を加え 10～15°C の室温で 24 時間後に 10 cc の 10 % TCA を加えて得た除蛋白濾液について TMA-N 及 TMAO-N を測定した。その結果は第3表に示してある。尚この表では TMA の生成率でなく添加 TMAO の還元率にて示してある。これは次式により求めたものである。

$$\text{Rate of reduction of TMAO added} = \left(1 - \frac{(c)-(a)}{(b)}\right) \times 100 \ (\%)$$

Table 3. Reduction of Trimethylamine Oxide in Albacore Muscle during Aseptic Incubation.

Sample examined		Initial content		After aseptic incubation					
				No TMAO added (control)		TMAO added			
Fish	Locality	TMA-N found mg %	TMAO-N found mg %	TMA-N found mg %	TMAO-N found mg % (a)	TMA-N found mg %	Content of TMAO added mg % (b)	TMAO-N found mg % (c)	Rate of reduction of TMAO added (%)
16	Dark M.	3.29	6.10	6.10	4.61	19.6	28.0	17.8	53.5
17	White M.	0.32	1.40	0.32	1.50	0.30	14.0	15.3	1.5
	Dark M.	9.16	0.90	9.68	0.70	12.0	14.0	12.5	16
18	White M.	0.38	4.90	0.40	4.90	0.41	14.0	18.6	2
	Dark M.	8.60	2.70	9.88	1.60	11.3	12.5	12.5	13

（1） 正肉に殆ど還元力のないことは今迄の成績と同じであり又従来の文献とも一致する。血合では TMAO の還元が可成り顕著に行われた。唯 No. 17, 18 魚のように血合肉中で TMA の値の大きいもの言い換えれば漁獲後の経過時間の長いものでは還元力は減衰するらしい。No. 16 魚のように初めの値の低いものでは還元力は強力であつた。細菌の影響を考えれば尚更であるが，この種の実験では新鮮材料の入手が根本要件であることが痛感される。と同時にこの結果からも逆に血合肉中での TMA の増加が細菌性のもの

でないという見解が支持される。

（2） 血合肉には明かに TMAO 還元能があることが確認され，而も TMAO の減少と TMA の増加が対応するところから生成される TMA の母体は一般に TMAO と考えられる。

5. **血合肉中の TMAO 還元能の本態**

今迄の実験結果から血合肉中には TMAO 還元能がある事は強力になつたが，その生成には 2 つの可能性が考えられる。即ち 1 つは酵素作用によるもので従来或種の細菌中[18)19)] に TMAO 還元酵素の存在することが知られて居り，他は Ackerman 等[20)] が哺乳動物肝臓（加熱及新鮮）中に見出した或種の還元性物質によるものとが挙げられる。若し血合肉中の還元が酵素作用によるとすれば，加熱によりその作用は失われる筈であり，或は特殊の薬物による阻害も考えられる。之を確めるために次の如き実験を行つた。

1953 年 5 月清水に水揚した新鮮なビンナガマグロより血合肉を分離し，之を 2 分して一方をそのまゝ他方を加熱（100°C，15 分間）し共に磨砕した。各 5 g ずつを共栓試験管中にとり，総てに 10 cc の NaF 加燐酸緩衝液（Sörensen，pH 7.0，之に M/5 になるよう NaF を加えたもの）及 Donator 1 cc ずつ（M/10 Na-lactate）を加えた。次に加熱及無加熱区の各半数に M/10 TMAO 1 cc ずつ，残りの半数には 1 cc の水を加えた。更に阻害剤＊の影響を見るため無加熱区を 3 分し，そのまゝの対照（水 1 cc 添加）と M/500 $\alpha-\alpha'$ dipyridyl 及び M/50 KCN の各 1 cc ずつを加えたものを 20°C にて 12 時間保つた後 5 cc ずつの 10％ TCA を加え，得た濾液について Conway 法により TMA-N を求めた。その結果は第 4 表に示してある。

Table 4. Influence of Heat-treatment of Some Inhitive Substances on the Reduction of Trimethylamine Oxide added to the Dark Muscle.

	(No TMAO added) TMA-N found after incubation (mg %)	(TMAO added) TMA-N found after incubation (mg %)	Difference TMA-N, reduced from added TMAO (mg %)
Control (Raw, Without inhibitor)	6.40	11.8	5.42
Heat-treated	7.37	7.89	0.52
Dipyridyl added	6.58	6.82	0.24
KCN added	6.82	6.90	0.08

以上の結果血合肉の TMAO 還元能は加熱により著しく低下し，又或種の酵素阻害剤で強く阻害された点より考え，還元能の主体が酵素作用によることが推察される。しかし，加熱によつてもこの作用は完全に停止することはなく微弱ながら TMA の増加が見られた。このことは血合肉には恐らく還元性物質に基くと思われる自動的還元作用が，微弱ながら存在することを示唆する。

考　　察

1. 血合肉中には全く細菌の作用によらないで TMA が増加し，その母体も TMAO であることが推定された。そしてその還元能の主体は酵素的なものであることを既に明かにした所であるが，一方 Dehydrogenase を阻害せず鉄酵素の阻害剤として知られる Dipyridyl や KCN により強く阻害される点から細菌の有する還元酵素と類似性があることは想像にかたくない。従来細菌以外でこの酵素は証明されていなかつたようであるが，Tarr[19)] や Watson[13)] によつて始めて示された或種の細菌の有する還元系は次式のように要約される。

＊ こゝで用いた阻害剤は Dehydrogenase を阻害しないが，重金属殊に Dipyridyl は鉄酵素に強い阻害作用を示すことが知られている。之を用いた理由は細菌（Es. coli 及 Proteus vulgaris）の該酵素が鉄酵素であることが富沢氏[4)] により報告されているので，一応類似性を前提として用いた。

$$(CH_3)_3N:O \quad + \quad H_2 \longrightarrow (CH_3)_3N \quad + \quad H_2O$$

(Activated by triamine oxide reductase enzyme) (Hydrogen from substrate activated by dehydrogenase enzyme) (Trimethylamine)

この酸化還元は* Dehydrogenase と共軛して起るのであるが NEILANDS[21] によると，これは単一系でなく次式のように第2の H-carrier 又は series of carrier が必要であるといわれる。

$$AH_2 \longrightarrow A+H_2$$

$$H_2+X \longrightarrow XH_2$$

$$XH_2+(CH_3)_3N:O \longrightarrow (CH_3)_3N+H_2O+X$$

AH_2 : Hydrogen donator　XH_1 : the reduced from of the cyanamide-sensitive carrier

魚体中** の還元酵素の諸性質や細菌のものとの比較研究は引続き実施中で次の機会に報告する。

2. 血合肉中では上記酵素作用以外に僅かながら，自動的な還元能も認められたが，これは恐らく嘗て ACKERMANN 等[20] が新鮮及加熱哺乳動物肝臓中で見出した現象と類似のものではなかろうか，即ち彼等は Hopkins の耐熱性 SH 系に Glutathione が結合することにより，TMAO の還元が行われるものと推定したので，次式のように示されている。

$$2\,G\text{-}SH \quad + \quad (CH_3)_3N:O \longrightarrow (CH_3)_3N \quad + \quad GS\text{-}SG \quad + \quad H_2O$$

(Glutathione reduced by the thermostable SH of tissues) (Trimethylamine oxide) (Trimethylamine) (Oxidized glutathione)

筆者[22] もビンナガマグロ及ブリの肝臓でも同様の事実を見出しているがその原因は恐らく血合肉についても軌を一にするものと想像される。しかし，その還元速度は酵素に較べ極めて微弱である点やその生成量も著しいとは思われず実際問題としては左程重要視する事もないであろう。

3. 血合肉中に TMAO 還元酵素が存在することは血合肉の生理機能を知るのにも重要な意義があるように思われる。TMAO が海産魚肉に特有なものであることは周知で海産魚類の excretory metabolism に重要な役割を演ずるものと信ぜられている。同時に比較生理学上からも興味があり，海産の ammonotelic な硬骨魚類にとつて ammonia の解毒機構 (Detoxification mechanism) に密接な関係があるものと解釈[24] されている。古い文献では一応遊離 TMA は痕跡又は殆ど存在していないと考えられれて来たが，最近 TMA の微量定量法の進歩に伴い漁獲直後の筋肉中でも，タラで 0.2 mg % 位[15] あることが報ぜられているし，筆者も漁獲直後のソウダガツヲで略々同一数値を得ることが出来た。この事実は筋肉中で $(CH_3)_3NO \rightleftarrows (CH_3)_3N$ なる系が存在するという見解[19] を支持するものである。今回のソウダガツヲの実験では漁獲直後血合肉中には正肉の数～十数倍にも及ぶ遊離 TMA が検出されたことはこの観点から誠に意義がある。もとより正肉中では還元作用は極めて微弱で実際問題上からは全く無視しても差支えあるまい。一般に可逆系であつて生体中ではその反応が一方に偏していることもあり得ることで，この TMAO $\rightleftarrows$ TMO の system も例外でない。生体中では TMAO←—TMO に偏しているものが，死後何等かの原因でその平衡関係が打破されゝば，TMAO—→TMO と反対方向に反応が急速に進むものと思われる。

又第2表にて示した漁獲直後の血合肉中の TMA 量に可成り変動が見られたが，之が Ammonia の解毒即ち Transmethylation に密接に関係[28] があると思われるので，漁獲時の激動，苦悶時の他の生理的な関係も十分考慮に入れねばこの現象の解明は困難であろう。之については更めて研究をして行きたい。

---

* TARR[19] はこの酵素を Trimethylamine-oxidease と呼んだが酵素学的には余り適切な名称とは思われないので，こゝでは富沢氏[14] の用いた Trimethylamine oxide-reductase という名称を与えることにした。

** その後行つている研究でこの reductase は血合肉のみでなく他の臓器中にも認められ，肝臓はこの作用が最も強力であることが判つた。これについても次に報告する予定である。

総　　括

1. マグロ，カツヲのような pelagic な魚類では血合肉の発達が著しい。そしてこれは正肉とは可成り違つた変質及腐敗過程を辿る。殊に最近鮮度のよい指標とされている TMA-N についても従来その生成には必ず細菌が関与していると考えられて来たが，血合肉では漁獲直後にも相当量含まれ，而も全く細菌の作用によらないで著しい増加を示した。そしてその量も正肉の腐敗初期限界以上にも達する。従つて，このような魚種では血合は鮮度測定の対象となり得ない。

2. その原因を生化学的及細菌学的見地より研究し更に魚肉中の TMAO 還元能を調べた結果正肉にはこの作用は殆ど認められないのに対し，血合肉自身には明らかに還元能を有し，而も酵素作用（Trimethylamine oxide-reductase）によることが推定された。尚加熱処理後の血合肉中に極く微弱な還元能が認められたが，之は還元性物質による自発的な還元能によるものである。

本研究に御指導を賜つた部長遠山祐三博士，並に適切な御助言を賜つた東海区水研天野慶之博士，東大農学部藤巻正生氏，東海区水研山田金次郎氏に深謝すると共に細菌学的研究の一部を分担された日本罐詰協会田中昭二氏に謝意を表わす。又試料採取や現地実験に多大の便宜を与えられた静岡県水試，東京水産大学及静岡県缶詰協会の各位に厚く御礼申し上げる。尚本研究の一部は昭和 27 年度農林省農林漁業試験研究費に仰いだ。共に記して謝意を表する。

文　　献

1) 河端，藤巻，天野，富谷：日水会誌，**18**，124 (1952).
2) 河端：1952 年日水会北海道大会講演
3) S. A. Beatty & N. E. Gibbons : *J. Biol Bd. Can.*, **3**, 77 (1936).
4) H. L. A. Tarr : Nature, **142**, 1078 (1945).
5) W. J. Dyer : *J. Fish. Res. Bd.* Can., **6**, 351 (1945).
6) B. T. Cromwell : *Biochem. J.*, **46**, 578 (1950).
7) 佐々木，藤巻，小田切：日農化 **27**，420-424，(1953).
8) 石坂 "微量拡散分析法"
9) W. Lintzel : Biochem. Z., **273**, 243 (1934).
10) W. J. Dyer, F. E. Dyer & J. M. Snow : *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **8**, 309 (1952).
11) "衛生検査指針（Ⅲ）食品衛生検査指針"　p. 39 (1951 年版) 厚生省編
12) "　同　上　"　p. 228 (1950 年版)　〃
13) "　同　上（Ⅰ）細菌，血清学検査指針" p. 40 (1950 年版)　〃
14) J. Tomizawa : Jap. Med. J., **4**, 21, (1951).
15) W. J. Dyer & A. Mounsey : *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **6**, 359 (1945).
16) 河端：未発表
17) 木俣："食品腐敗学" p. 79
18) D. W. Watson : *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **4**, 252 (1939).
19) H. L. A Tarr, **4**, 365 (1939).
20) D. Ackermann, K. Poller & W. Linneweh : *Ber. Deu. Chem ges.* B. 2750 (1926).
21) J. B. Neilands : *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **6**, 368 (1945).
22) 河端：未発表
23) E. Baldwin : "Dynamic Aspects of Biochemistry." 2nd Ed. (1952).

サンマの生化學的研究—I. 一般成分

土屋靖彦・秦満夫・浅野元一・高橋伊和夫・野村正・鈴木芳夫
(東北大学農学部水産利用学教室)

Biochemical Studies on Skipper (*Cololabis saira*)——I. General component

Yasuhiko TSUCHIYA, Mitsuo HATA, Motokazu ASANO, Iwao TAKAHASHI, Tadashi NOMURA and Yoshio SUZUKI

The authors determined the general chemical components of the skipper, using four samples caught at different times in the fishing season of 1951. Determinations were separately made on three groups classified by body length. (A<B<C).

The results obtained were as follows.

1 The fat index and the crude fat content of skipper were higher in fishes with larger body length, and they became lower toward the end of the fishing season.

2 The content of crude fat was inversely proportionate to the moisture content, and their sum remained constant, at about 80% of meat weight.

3 Crude protein content was fairly constant, in all samples regardless of boby length and fishing season.

4 Crude ash content in the head, bones and fins increased with the body length of fish.

5 The average values of chemical components in B group fishes which occupied the main part of the catches in 1951 were as follows.

Moisture	65.56 %	Crude fat	14.32 %
Crude protein	19.90 %	Crude ash	1.54 %

1. 緒　　言

サンマの漁獲は昭和 22 年頃迄は数百万貫に過ぎず，我が国漁獲高中で占める % も，昭和 10 年で僅かに 2.27% であつたが，昭和 23 年頃から俄に漁獲高は増大し，昭和 25 年度には年漁獲高は 3400 万貫に達し，全魚獲高中で占める % も 8.11 % に達する様になつた。而も其の漁獲の約 70 % は東北海区に集中して居り，又東北海区中でも約 70% が宮城県諸港に水揚せられる。從つて，近年になつて急に短い漁期中に大量のサンマを処理する必要が生じた。然るにサンマが近年急に漁獲が増大した魚種である為，從来サンマの処理加工の方法が完全でなく，特に大漁の場合には，処理能力の不足から，魚価の暴落を来し，所謂大漁貧乏の状態となり，相当量のサンマが肥料製造に向けられるのが見られる。この点からサンマの合理的な利用加工の必要が生ずるが，この為にはサンマの生化学的諸性質を明らかにせねばならない。魚肉の成分については種々の魚について調査は極めて多いが，サンマについては詳しい分析は行われて居ない様である。一方サンマ漁業に於ては，資源保護の立場から，現在の漁業が適正であるかどうかゞ問題となり，之が解決の為，種々の見地から生物学的研究が行われて居るが，東北大学に於ても，研究班を組織し，昭和 26 年度

1953 年 5 日 3 月受理 (印刷費負担)

から綜合的な研究が行われて居る。我々もこの一環として先ず漁期別，体長別，体各部別の一般成分の差違を見た。

2. 実 験 の 部

試料……試料サンマは昭和 26 年度漁期中 4 回の異る時期のもので，解禁日前のもの第一回目は試験船に依頼し，それ以後のものは，塩釜魚市場で漁船より直接，毎回約二貫目を入手，直ちに実験室に持ち帰つて実験に供した。その漁獲時期，場所，実験日及び尾数等を第1表に示す。

Table 1. The list of he skipper samples used

No. of samples	Name of fishing-boat	Fishing ground		Date of catch	Date of experiment	Numbers of fish
		Long. E.	Lat. N.			
Ⅰ	千　葉　丸	147°32′	42°45′	9.14	9.18	92
Ⅱ	恵 比 須 丸	143° —143°30′	39°40′ —40°10′	9.28	10.2	70
Ⅲ	鶴　　　丸	142°30′	39°	10.20	10.24	95
Ⅳ	第 二 有 漁 丸	143°17′	38°9′	12.3	12.4	122

試料の調製……先ず試料魚全部につき体長を測定しその頻度分布を見た。結果は第1図の通りである。(尚この場合の体長は背椎骨体長である。)秋期，東北海区で漁獲せられるサンマは，2，3 及び 4 年魚の混合であることが予想せられたので，年令別の差違を知る為に各年令の mode より試料魚を選定せんとしたが，体長の頻度分布からは之が不可能であり，又鱗による，迅速な年令の査定も不可能であつたので，止むなく先ず山の高い部分（3年魚と思われる。）より 10 尾，両端の部分で夫々 2 又は 4 年魚ではないかと思われる部分より適宜尾数を取り，

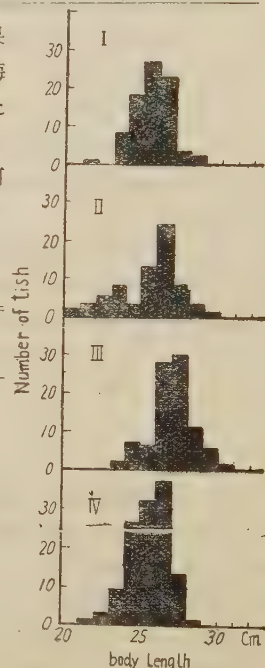


Fig. Body-length composition of the sample skipper

Table 2. Body-length, body weight and fat index of skipper

No. and group of samples		Numbers of fish	average body length cm.	average body weight gr	Fat index
A	Ⅰ	1	22.2	58.3	5.3
B	Ⅰ	10	25.7	98.4	5.8
C	Ⅰ	2	28.2	129.4	5.8
A	Ⅱ	8	20.1	45.9	5.6
B	Ⅱ	10	26.3	105.3	5.8
C	Ⅱ	5	28.3	124.7	5.5
A	Ⅲ	5	24.1	70.4	5.0
B	Ⅲ	10	27.3	106.4	5.2
C	Ⅲ	6	29.4	125.2	5.4
A	Ⅳ	7	22.3	51.2	4.6
B	Ⅳ	10	26.4	87.0	4.7
C	Ⅳ	3	28.1	109.6	4.9

体長の少なる方から A, B 及び C の三区とした。この三区を夫々一尾毎に，体長及び体重を測定した。結果は第2表に示す。次に背開きとし，内臓を取り出して肝臓を分ち(肝臓部，内臓部)三枚に卸して皮を含む肉部を取り，残りの頭，背椎骨及び鰭を合して其の他部の4部に分け，ＡＢＣ各区毎に全魚の各部を夫々合して秤量し（第3表）細挫し，一様にして分析に供した。

Table 3. Weight of various parts of skipper and its percentage of total weight.

No. and Group of Samples	Number of fish	meat			Viscerca (except liver)			Liver			Miscellaneous		
		total weight gr	per one fish gr	% of body weight	total weight gr	per one fish gr	% of body weight	total weight gr	per one fish gr	% of body weight	total weight gr	per one fish gr	% of body weight
A Ⅰ	1	39.8	39.8	72.2	3.67	3.67	6.7	0.61	0.61	1.1	11.0	11.0	20.0
B Ⅰ	10	660.0	66.0	71.2	63.3	6.3	6.7	13.7	1.37	1.5	190.0	19.0	20.5
C Ⅰ	2	182.5	91.3	72.8	16.5	8.3	6.6	3.7	1.85	1.5	48.0	24.0	19.1
A Ⅱ	8	248.9	31.3	72.1	19.7	2.5	5.7				76.5	9.6	22.2
B Ⅱ	10	748.0	74.8	72.8	60.9	6.1	5.9	9.0	0.90	0.7	210.0	21.0	20.4
C Ⅱ	5	458.0	91.6	75.1	25.0	5.0	4.0	3.5	0.70	0.6	123.5	24.6	20.2
A Ⅲ	5	245.0	49.0	71.5	18.8	3.8	5.5	4.1	0.82	1.2	75.0	15.0	21.9
B Ⅲ	10	718.0	71.8	69.3	58.2	5.8	5.6	12.2	1.22	1.2	247.0	24.7	23.9
C Ⅲ	6	525.0	87.5	72.2	40.2	6.7	5.5	7.0	1.17	1.0	155.0	25.8	21.3
A Ⅳ	7	225.0	36.4	71.2	17.3	2.5	4.8	3.7	0.53	1.0	82.0	11.7	22.9
B Ⅳ	10	617.0	61.7	71.2	43.0	4.3	5.0	10.0	1.00	1.2	197.0	19.7	22.7
C Ⅳ	3	238.0	79.3	72.9	18.3	6.1	5.6	3.2	1.07	1.0	67.0	22.3	20.5

Table 4. Moisture and crude fat contents of various parts of skipper

No. and group of samples	Moisture %			Crude fat % of wet sample			
	Meat	Viscera	Miscellaneous	Meat	Liver	Viscera	Miscellaneous
A Ⅰ	69.94	71.55	66.29	10.31	19.43	——	10.20
B Ⅰ	65.81	69.18	67.49	14.45	19.60	16.47	10.42
C Ⅰ	60.98	63.97	65.15	17.73	26.84	20.35	10.35
A Ⅱ	71.60	74.88	70.18	9.54	——	9.93	9.16
B Ⅱ	63.56	64.02	67.16	16.74	25.70	20·21	8.91
C Ⅱ	65.11	65.04	65.87	15.98	21.94	19.58	9.73
A Ⅲ	69.24	63.35	70.47	9.21	8.33	23.45	7.36
B Ⅲ	65.52	62.86	67.18	13.66	8.34	21.11	9.42
C Ⅲ	67.46	66.67	65.43	11.81	8.38	17.99	8.79
A Ⅳ	72.09	72.15	68.92	6.13	9.01	11.02	7.46
B Ⅳ	67.33	64.30	66.64	12.41	12.29	21.34	10.00
C Ⅳ	64.63	56.06	66.07	15.05	12.50	31.30	9.74

実験方法……肝臓部については粗脂肪のみ，他の3部については水分，粗脂肪，粗蛋白及び灰分を常法により定量した。

結果……結果は第4表及び第5表に示す。

3. 考察及び結論

試料として我々が当初期待した様な，系統的に諸条件を選択し得るサンマが得られなつたので，十分考察を行い得ないが，次の様な事が略ゝ云えると思われる。

（1） サンマの肥満度は解禁直前から漁期の始めに大で，終漁期になると小となる。又体長の大きいものが肥満度も大きい。

Table 5. Crude protein and ash contents of various parts of skipper

No. and Group of samples		Crude protein % of wet sample			Ash % of wet sample		
		Meat	Viscera	Miscellaneous	Meat	Viscera	Miscellaneous
A	I	19.05	17.88	17.56	1.73	1.79	7.09
B	I	19.01	12.90	15.17	2.14	1.94	7.52
C	I	20.29	13.67	16.61	1.17	2.04	7.69
A	II	18.05	14.24	15.58	1.26	2.24	6.52
B	II	19.22	13.80	17.02	1.19	1.90	7.10
C	II	18.30	13.84	17.70	1.15	1.60	7.65
A	III	20.79	12.75	16.07	1.39	1.59	6.78
B	III	20.65	14.61	18.44	1.29	1.63	6.30
C	III	21.52	13.76	17.75	1.33	1.75	7.53
A	IV	21.38	15.29	17.45	1.17	2.69	5.15
B	IV	20.70	14.07	18.38	1.54	1.61	6.32
C	IV	20.21	10.88	18.65	1.30	1.99	7.14

（2） サンマ体各部重量の体重に対する割合は，大小に拘らず大体一定で，肉部 70～73%，内臓部 5～7%，其の他部 20～23% となつて居る。即ち之により体重の大なるものは小なるものに比し常に利用し得る肉量が多い事が分る。之は次項（3)とも関聯して，資源保護及び合理的利用の立場から，サンマは大形魚少くとも体長 25 cm 以上のものを水揚する事が望ましい。

（3） 一般成分中最も変化に富み且つ重要なのは，水分及び粗脂肪で，鰹等と同様[1)2)3)]一方が多いと一方が少いという reciprocal な関係が常に見られ，両者の和は略一定で，肉部で約 80%，内臓部で約 85%，其の他部で約 75% である。特に筋肉中の水分と脂肪との関係は一方を定量すれば，他方の値を推測し得て，利用上から利便があるが，この関係は更に生化学的にも興味がある。即ち体長が大になるにつれて，即ち高年魚程水分が少く脂肪が多くなつて居る。

この事は特に体長の小さい 21～22 cm のものと 25 cm 以上の魚との間に明瞭に認められる。後述の如く粗蛋白及び灰分は，大小漁期により余り大きな変化がないから，サンマにあつては，その生理的状態を知る上に水分及び粗脂肪含量が重要と思われ，又利用上からもこの両者を知れば便利と思われるので，この両者の消長にてついては目下更に精査中である。尚，粗脂肪量を部分別に見ると，内臓部が最も多く，次で肉部其の他部の順で，肉部については漁期的に見ると終漁期に減少して居り，水分についてはこの逆の関係にあることは上述の通りである。

（4） 粗蛋白質は可食部に一番多く，其の他部，内臓部の順に少くなつて居り，大小及び漁期による差は殆んど認められない。

（5） 灰分は頭，脊椎骨及び鰭等よりなる其の他部が特に多く，内臓部，肉部の順に少くなつて居り，其の他部の灰分は低年より高年となるに従つて，幾分増加する傾向がある。

（6） 肝臓については粗脂肪含量は肉部に於けると同様，漁期末に少い傾向があり，之は肉部より更に著しい。又高年魚の方が多い様に思われる。

（7） 利用上最も重要な肉部について，量的に各回の試料を代表するB区の分析値の平均を求めると次の様になる。

水　分…………65.56%	粗脂肪…………14.32%
粗蛋白…………19.90%	灰　分………… 1.54%

要　　約

昭和 26 年度漁期中 4 回の試料サンマにつき，体長別，体各部別の一般分析を行い，次の結果を得た。

1. 肥満度び粗脂肪量は，体長大なる程大で，漁期末には減少する。
2. 粗脂肪量及び水分量は，reciprocal な関係にあり，両者の和は略一定で，肉部で約 80% である。
3. 粗蛋白量は大小及び漁期による差が殆んど認められない。
4. 灰分量は，頭脊椎骨及び鰭を含む其の他部に於て体長と共に幾分増加する傾向が見られる。
5. 漁獲の大部分を占める，3 年魚と思われるサンマの肉部の昭和 26 年度漁期中の一般成分は平均すると，水分……65.56%，粗脂肪……14.32%，粗蛋白……19.90%，灰分 1.54% となる。

尚，この研究は農林省，技術試験研究費補助金によつたものである。

文　　献

1) 酒向　昇：水 産 研，**35**，　40～44　(1940).
2) 二戸一麿：水 産 研，**36**，136～141 (1941).
4) 若松三郎：日水会誌，　**9**，　27～29　(1940).

サンマの生化学的研究—II.
水分及び粗脂肪含量

秦 満夫・田代昌男
（東北大学農学部水産利用学教室）

Biochemical Studdies on Skipper (*Cololabis saira*)—II.
Moisture and Crude Fat Content

Mitsuo HATA and Masao TASHIRO

In the previous report, authors found that among general components, the crude fat and moisture contents of meat varied with the size of fish and fishing seasons. In this report, determinations were made on nine skipper samples caught at different times in the fishing season of Augast to December of 1952. The fishes were divided into three groups by body length (a<b<c), and some of them were then subdivided into two groups by fat index (d<e).

The results were as follows.

1. The fat index and the crude fat content of skipper meat in 1952 were lower than that of 1951. The correlation coefficient between the fat index and the body length was +0.56.

2. From the sum of the moisture and crude fat contents, the skipper samples in 1952 were clearly didided into two groups. One group, which was caught before November 20th, had an average value of 79.77%, with the standard deviation of 0.91, while the other group, which wa caught after November 20th, had an average value of 77.07%, with the standard deviation of 0.69. The correlation coefficient between the crude fat and the moisture content was −0.94.

3. The correlation coefficient between the crude fat content and the body length was +0.72, and that between the crude fat content and the fat index was +0.70. The crude fat content became less toward the end of the fishing season.

4. From the data in this report as well as those in the previous one, the calorie value of the whole and the edible portion of skipper were calculated, and a some discussions were given about the calorie values of the fish in relation to its size, fishing season and year of catch.

I. 緒　　言

前報[1]に於て，サンマ魚体の一般成分中最も変化に富むのは，水分及び粗脂肪含量であり，この両者は互に reciprocal の関係をなし，その和は略一定で，約 80% である事を見た。この事は，イワシ[2,3]，ニシン[4]，サバ[5]等比較的サンマに近いと思われる魚種でも既に知られて居る所であるが，利用上から見ると，一方を定量すれば，他方の値を推測し得て便利であるばかりでなく，生化学的にも興味ある事と思われた。更に水分及び粗脂肪量は利用の点から見れば，食味，歩留り等と関聯してサンマでは特に重要な要素であり，従つ

1953年5月3日受理（印刷費負担）

て合理的な利用を図るには，原料魚の水分び粗脂肪量について正確な知識を得る必要がある。一方前報に於て明らかな如く，サンマの蛋白質量は，魚体の大小，漁期等に関係なく略一定であるから，サンマの保有するエネルギーは，もつぱら脂肪の量によつて左右せられる事になる。洄游魚の脂肪含量が，季節的に著しく変化しその変化が生殖腺の成熟と関係がある事は，サバ[6]，ニシン[4]，イワシ[7]等で知られて居るが，秋期東北海区を南下し，漁獲の対象となつて居るサンマ魚群では，漁期中生殖腺に変化が見られず，又内臓重量の増加又は急激な減少等は見られないので，この期間に見られる脂肪量の変化は，大谷等[8]が鮪に於て見た場合の如く，産卵とは関係のない変化であつて，游泳其の他代謝に必要なエネルギーと，餌料から取るエネルギーとの平衡の如何を現わして居るものと考えられる。従つてサンマの脂肪量は，サンマの生理状態，ひいてはその生活環境の推移を現わす有力な指標として興味がある。以上の見地から昭和 27 年 8 月～12 月にわたる漁期中 9 回の試料について，体長の大小及び肥満度の大小別に水分及び粗脂肪の定量を行つた。なお本報に於ては，可食部である肉部についてのみ定量した。

Ⅱ. 実　験　の　部

試料……昭和 27 年 8 月～12 月にわたる 9 回の異る時期のもので，第 1 回は仙台で市販せられていた北海道産と思われるもの，第 2 回は塩釜市で市販せられていた解禁直後，金華山沖で漁獲したと思われるもの，第 3 回以後は，塩釜魚市場で，漁船より直接漁場及び漁獲日を確めて毎回約二貫目をを入手，直ちに実験室に持ち帰つて実験に供した。試料についての諸記載は Table 1 の如くである。

Table 1. The list of the skipper samples used.

No. of Samples	Name of Fishing-boat	Fishing-ground		Date of catch	Date of experiment	Numbers of fish
		Long. E.	Lat. N.			
				month day	month day	
Ⅰ					8. 25	10
Ⅱ					10. 4	14
Ⅲ	Hosho-Maru	144°42′	39°45′	10. 6～8	10. 9	34
Ⅳ	6th. Kashima -Maru.	142°58′	39°40′	10. 16～17	10. 18	54
Ⅴ	1st. Daisen -Maru	142°23′	39°21′	11. 5～6	11. 7	63
Ⅵ	Daito-Maru	142°19′	38°25′	11. 11	11. 14	126
Ⅶ	Kyokuto-Maru	142°16′	37°52′	11. 22～24	11. 25	126
Ⅷ	Suiten-Maru	144°30′	36°58′	12. 5	12. 8	143
Ⅸ	Kofu-Maru	142°15′	37°48′	12. 12～14	12. 17	164

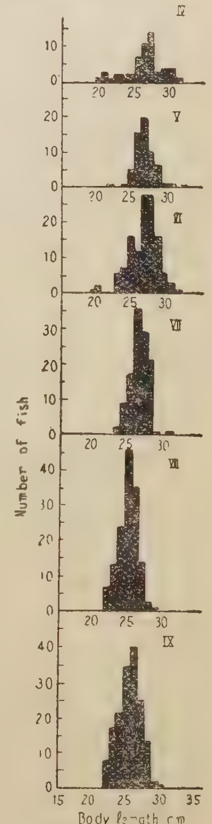


Fig. 1 Body-length composition of the sample skipper.

試料の調製……全尾につき体長を測定してその頻度分布図を描き (Fig. 1)，山の部分より b 区を，両端より a 区，c 区を撰び，以下前報の如く処理して肉部，内臓部，肝臓部及び其の他部の四部に分つて秤量し，肉部のみを分析に供した。別に肥満度による差を明らかにするため，同一体長で肥満度の大なる d 区及び肥満度の小なる e 区を撰び，同様処理して分析に供した。

実験方法……常法による。

結果……a 区，b 区，c 区については Table 2，d 区，e 区については Table 3 に示す。

Table 2. Moisture content, crude fat content and sum of these two component of skipper-meat, in relation to the size of fish.

Group	Number of fish	Body length Average cm	Body weight Average gr	Fat index Average	Moisture %	Crude fat %	M.+C. %
b I	6	25.5	76.7	4.63	67.18	12.16	79.18
a II	5	21.1	43.9	4.67	68.90	11.32	80.22
b II	4	26.0	86.9	4.94	63.82	16.22	80.04
c II	5	30.8	157.3	5.38	61.52	19.67	81.19
a III	10	20.7	40.2	4.53	73.96	4.95	78·91
b III	5	26.5	90.6	4.87	66.89	13.03	79.92
c III	5	31.3	173.6	5.66	61.00	18.56	79.56
a IV	4	20.3	40.0	4.78	73.79	5.74	79.53
b IV	6	26.3	88.8	4.85	67.43	12.91	80.34
c IV	5	30.1	144.6	5.30	63.48	19.21	82.69
a V	1	21.2	49.0	5.12	72.33	7.68	80.01
b V	8	26.3	95.1	5.23	68.99	10.74	79.73
c V	2	29.5	130.0	5.06	67.11	14.28	81.39
a VI	2	21.4	37.2	4.38	73.71	6.76	80.07
b VI	5	26.5	93.9	5.05	68.17	11.50	79.67
c VI	2	29.5	131.5	5.12	65.63	14.61	80.24
a VII	2	23.8	64.3	4.77	71.73	5.56	77.29
b VII	4	26.8	94.3	4.90	70.02	8.31	78.33
c VII	1	31.0	135.0	4.54	71·12	6.02	77.14
a VIII	6	22.5	52.1	4.57	72.17	4.76	76.93
b VIII	6	25.9	82.0	4.66	70.43	6.62	77.05
c VIII	3	28.2	103.2	4.61	70.82	5.42	76.24
a IX	5	22.5	53.5	4.70	71.68	4.84	76.52
b IX	6	25.9	78.2	4.50	73.02	5.37	78.39
c IX	1	30.0	137.0	5.07	66.05	10.34	77.10

Table 3. Moisture content, crude fat content and sum of these two component of skipper-Meat, in relation to the fat index of fish.

Group	Number of fish	Body length average cm	Body weight average gr	Fat index average	Moisture %	Crude fat %	M.+C. %
d I	2	26.7	88.5	4.67	66.07	13.10	79.17
e I	2	25.5	67.8	4.09	69.02	9.20	78.22
d III	1	31.0	180.0	6.04	59.86	20.53	80.39
e III	1	31.2	162.5	5.35	60.07	19.97	80.04
d IV	5	26.5	105.5	5.67	65.40	13.68	79.08
b IV	5	26.5	93.9	5.05	68.17	11.50	79.67
e IV	5	26.5	82.1	4.41	70.34	9.34	79.68
d VII	4	27.0	107.5	5.46	66.64	9.79	76.43
e VII	4	26.6	80.6	4.28	71.96	4.99	76.95
d VIII	6	26.1	89.7	5.05	69.80	8.04	77.84
e VIII	6	25.6	72.3	4.31	72.48	4.98	77.46
d IX	6	25.9	90.2	5.19	67.65	8.35	76.00
e IX	6	25.8	74.0	4·30	73.04	3.34	76.38

Ⅲ. 考　　察

（1） 肥満度は本年度のサンマは昨年度に比し一般に低く三年魚と思われ，群の主力をなすb区について見ると，昨年度の平均が 5.4 であるのに対し本年度は 4.8 である。漁期的には，漁期前から漁期初期にと高くなり，後漸次低くなる。体長とは Fig. 2 の如くで正の相関を示し，相関係数 0.56 である。

（2） 水分及び粗脂肪の和は略一定で，昨年からの 49 例について見ると，平均 79.03%，標準偏差 1.55% である。本年だけの 37 例について見ると，平均 78.82%，標準偏差 1.58% となる。所が，本年度 11 月下旬以後漁獲せられた試料記号 Ⅶ, Ⅷ, Ⅸ の三回のものは，それ以前に漁獲せられた試料に比し，水分＋粗脂肪の価が低く，15 例の平均 77.07%，標準偏差 0.69% で，前期の 22 例の平均 79.97%，標準偏差 0.91% と差の検定をして見ると，1% 以下の危険率で有意の差がある。昨年度の 12 例の平均，79.67%，標準偏差 0.92% と本年度の前期 22 例との間には有意差はなく，後期 15 例とは 1% 以下の危険率で有意差があり，本年度後期のものは，水分＋粗脂肪の点では明らかに他のものと異る一群をなして居る。この事に関する生物学的な意味は明らかでなく，更に精査を要する。

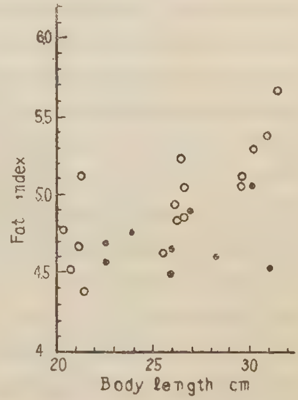


Fig. 2. The relation between the body-length and the fat index of skipper
○ fish caught before Nov. 20th.
● fish caught after Nov. 20th.

イワシの例を見ると，酒向[2]によると水分と粗脂肪との相関係数は −0.97 であるが，サンマでは之が −0.94 となる。なお，イワシの水分＋粗脂肪量を 12 例について見ると，平均 79.28% で，サンマのそれに非常に近い。

（3） 粗脂肪量は，体長とは Fig. 3 の如く正の相関を示し，相関係数 0.72 である。なお Fig. 3 で気の付く事は，こゝでも本年度前期と後期とで差がある事である。肥満度

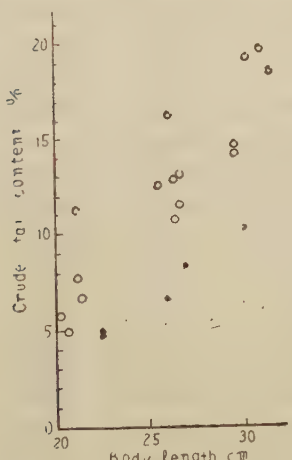


Fig. 3 The relation between the body-length and the crude fat content of skipper.
○ fish caught before Nov. 20th.
● fish caught after Nov. 20th.

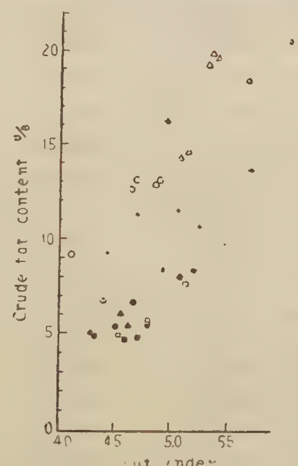


Fig. 4 The relation between the fat index and the crud fat content of skipper.
□■ a group ○● b group
△▲ c group
□○△ fish caught before Nov. 20th. ■●▲ fish caught after Nov. 20th.

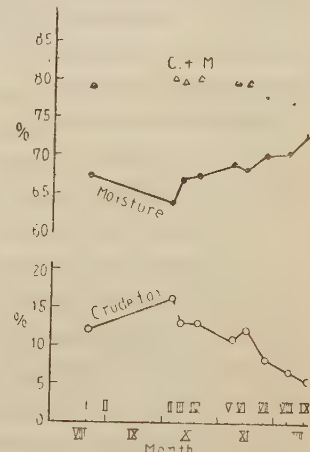


Fig. 5 The relation of the moisture, crude fat and sum of these two components of skipper, by fishing seasons.

とも Fig. 4 の如く正の相関で，相関係数は 0.70 を示す。漁期的には初漁期に高く，漸次減少する。 Fig. 5 は b 区について漁獲時期による粗脂肪，水分及び水分＋粗脂肪量の変化を示したものである。昨年度と比較すると，b 区で昨年が平均 14.32% に対し本年度は平均 10.74% で相当低い。イワシでは大谷等[8] が次城県産中羽イワシについて生殖腺に関係のない初夏及び冬の極大，春及び秋の極少を見，又年度による差を認めて居り五十嵐等[9] も北海道産のイワシについて季節により年度により又漁場により相当の差のある事を報告して居る。なお実験中得た粗脂肪量の最高値は，a 区で 11.32%，b 区で 16.74%，c 区で 20.53% と相当の差があるが，最低値は 4～5% で各区殆んど差がない。

（4） 前報に於て，粗蛋白量には殆んど差がない事を見たので，本年度の脂肪と昨年度の粗蛋白量の平均値を使用し，換算系数として粗脂肪 9，粗蛋白 4 を用いて，可食部たる肉部のカロリーを計算すると Table 4 の如くになる。こゝに明らかな如く，a 区平均 137.4 cal.，b 区平均 176.3 cal.，c 区平均 201.9 cal. と 100gr 当りの肉のカロリーは体長が大きい程多い。肉部重量が体重中で占める割合は，前報に於ても明らかな如く殆んど体長に関係がないから，単位漁獲量の持つ可食部のカロリーは，その平均体長の大きい程多い事になり，又食味の点からも大型魚の方が脂肪が多くて利用価値が大きい訳である。

（5） （4）で述べた肉 100gr 当りのカロリーを漁獲の大部分を占める b 区に就て見ると，漁期始めには 225.6 cal. であつたものが，漁期が進むにつれて漸減し，漁期末期には 127.9 cal. と，初期の約 55% に激減して居る。又昨年度（Table 5）と比較すると，b 区の平均昨年の 208.5 cal. に対し，本年度は 176.3 cal. で相当低い。

（6） サンマの全魚体の持つエネルギーをその粗脂肪，粗蛋白の量からカロリーとして概算したものが Table 4 に示してある。この価は，餌料から取つたカロリーと游泳其の他代謝に要したカロリーの差により増減するものと考えられ，従つて其の推移を見る事はサンマの生理状態を知り，サンマの生活環境諸条件の推移を知る上に有力な資料となると思われる。松井等[10] がコイの絶食試験で，体重の減少と共に質的には水分の % の増加，粗脂肪の % の著しい減少を見て居り，全窒素は之等に比すると変化は非常に少い事を見て居る。これをそのまゝサンマに及ぼす事は出来ないが，ともかく魚の運

Table 4. Caloric values of edible portion and whole body of skipper in 1952.

Group		Cal. in 100gr of meat	Cal. in 100gr of body weight	average body weight	average Cal. in one fish
Ⅰ	b	187.6	183.9	76.7	141.1
Ⅱ	a	181.2	173.1	43.9	76.0
Ⅱ	b	225.6	210.9	86.9	183.3
Ⅱ	c	257.4	235.9	157.0	370.3
Ⅲ	a	123.8	132.0	40.2	53.1
Ⅲ	b	196.9	190.5	90.6	172.6
Ⅲ	c	247.4	228.5	174.0	397.6
Ⅳ	a	130.9	137.1	40.0	54.8
Ⅳ	b	195.8	189.8	88.3	167.6
Ⅳ	c	253.2	232.8	144.6	336.6
Ⅴ	a	148.4	149.6	49.0	73.3
Ⅴ	b	176.3	175.9	95.1	167.3
Ⅴ	c	203.8	200.3	130.0	260.4
Ⅵ	a	140.1	143.7	37.2	53.5
Ⅵ	b	183.1	180.7	93.9	169.7
Ⅵ	c	211.8	202.5	131.5	266.3
Ⅶ	a	129.3	135.9	64.3	87.4
Ⅶ	b	154.4	160.3	94.3	151.2
Ⅶ	c	134.5	145.8	135.0	196.8
Ⅷ	a	122.1	130.7	52.1	68.1
Ⅷ	b	139.2	149.5	81.0	121.1
Ⅷ	c	129.1	141.8	103.2	146.4
Ⅸ	a	122.8	131.3	53.5	70.2
Ⅸ	b	127.9	141.5	78.2	110.7
Ⅸ	c	173.4	174.3	137.0	238.8
average	a	137.4	141.7	47.5	67.3
average	b	176.3	175.9	87.2	153.4
average	c	201.9	195.2	139.0	271.3

Table 5. Caloric values of edible portion and whole body of skipper in 1951.

Group		Cal. in 100gr of meat	Cal. in 100gr of body weight	average body weight	average Cal. in one fish
I	A	169.0	166.2	58.3	96.9
I	B	206.1	194.8	98.4	191.7
I	C	240.7	225.0	129.4	291.1
II	A	158.1	154.4	45.9	70.9
II	B	227.5	211.6	105.3	222.8
II	C	217.0	205.6	124.7	256.4
III	A	166.1	164.9	70.4	116.1
III	B	205.5	197.2	106.4	209.1
III	C	192.4	184.9	125.2	231.4
IV	A	140.6	140.8	51.2	72.1
IV	B	194.5	191.0	87.0	166.2
IV	C	216.3	212.4	109.6	232.8
average	A	158.5	156.9	56.5	88.6
average	B	208.5	198.8	99.3	197.4
average	C	216.6	206.0	122.2	251.7

動量と餌料との関係で粗脂肪量，ひいては魚体の持つエネルギーに増減が起る事が推測せられる。Table4 及び昨年度の結果から計算した Table 5 をも合せて次の点が云えると思う。

a) 先ず体長別では，本年度の平均は体重 100gr 当り a 区では 141.7 cal.，b 区では 175.8cal.，c 区では 195.2cal. となり，体長により相当の差が認められる。尚実験中得た最少値は，各区共略同じで，130～140 cal. を示す。

b) 漁期的に見ると，魚群を代表する b 区で，体重 100gr 当りのカロリーは，漁期始めが最高で 210.9cal. を示したものが，漁期末には 141.5 cal. と約 $\frac{2}{3}$ に激減して居る。

c) b 区について昨年と比較すると，平均でも昨年の 198.8cal. に対し本年は 175.9cal. と相当低いが，特に漁期中の変化が昨年度の 211.6cal.→191.0cal. に対し，本年度は 210.9cal.→141.5cal. と著しい減少を示して居る。即ち，漁期始めの価には殆んど差がないのに，漁期末には大きな差を生じた訳である。之は昨年度と本年度とで魚群の南下速度に差があり，之を同一時期に捉えた為に，試料魚群の全魚群中で占める関係位置が異る為とも考えられるが，又東北海区に於けるサンマの漁獲が，昨年度の 2490 万貫に対し，本年度は 4390 万貫であるから，大まかに云つて本年度，漁期中東北海区に存在したサンマの総量が，昨年度のそれに比し相当多かつた事が考えられ，又平均体重が昨年度 99.3gr に対し，本年度は 87.2gr である事を考慮すると，尾数にすれば更に本年度は多かつたと考えられるので，サンマの数と海中の餌料プランクトンの密度其の他サンマの生育を支る環境要因との間の Balance が，昨年度と本年度とで相当差があり，之が本年度サンマの単位体重当りエネルギーの減少の一因をなしたのではないかとも考えられる。

d) この 10 月～12 月のサンマの南下期間は，昨年度，本年度を通じてエネルギーの蓄積は見られず，むしろ本年度 b 区の如く，平均一尾当り 183.3cal. から 110.7cal. への減少が見られる。之はこの期間に洄游運動に消費せられるエネルギーが，餌料から取るエネルギーと釣合うか，若しくはむしろ非常に上廻ることを意味すると考えられる。又平均一尾当りの cal. を見ると，本年度 a 区 67.3cal.，b 区 153.4cal.，c 区 271.3cal. であるが，若し之等のサンマが生長を続けて，a 区が b 区の状態に．b 区が c 区の状態に移行するものとすると，何れかの時期に何れかの場所で多量のエネルギーの蓄積が行われねばならない事になる。サンマの生活史を追求する際，このエネルギーの推移を海況と合せ考慮する事は甚だ意味があると考える。

利用の見地から云えば，漁期中サンマはエネルギーの蓄積を行わず，むしろその減少を見る点から見て，漁期初期に多く漁獲した方が利用価値が高い事になる。

IV. 要　　約

前報に於て特に興味があり且つ重要と思われた肉部の水分及び粗脂肪含量を 1952 年度漁期中 9 回の試料

につき体長別，肥満度別に定量した。

（1） 本年度のサンマは肥満度，粗脂肪量共昨年度のサンマに比し低い。肥満度と体長との相関係数は，0.56 である。

（2） 水分＋粗脂肪量は，11 月中旬を境として平均 79.97%，標準偏差 0.96% と，平均 77.07%，標準偏差 0.69% の二群にはつきりわかれた。水分と粗脂肪量との相関係数は −0.94 である。

（3） 粗脂肪量と体長との相関係数は 0.72，肥満度との相関係数は 0.70 である。粗脂肪量は漁期末に減少する。

（4） 前報及び本報の分析結果より，サンマ可食部及び全魚体についてカロリー計算を行い，利用学的及び生物学的見地より考察を行つた。

尚この研究は農林省技術試験研究費補助金によつたものである。

文　献

（1） 土屋靖彦，秦満夫，浅野元一，高橋伊和夫，野村正，鈴木芳夫：日水会誌．**19**，513—517，(1953).

（2） 酒向　昇：水産研，**35**，40—44，(1940).

（3） 二戸　一麿：水産研，**36**，136—141，(1941).

（4） 若松　三郎：日水会誌，**9**，27—29，(1940).

（5） 深山義道，猿谷九万：水産研，**32**，574—578，(1937).

（6） Dill, D. B.：*J. Biol. Chem.*，**48**，73—93，(1921).

（7） 福岡　国男：水産研，**31**，259—264，(1936).

（8） 大谷武夫，薄井与兵衛，助川輝武：日水会誌，**5**，308—310，(1937).

（9） 五十嵐彦仁，江川照男：北水試旬報，**427**，2—3，(1939).

（10） 松井佳一，大島信夫：水試報告，**1**，201—231，(1930).

サバ肝臓の重量及脂肪量の季節的變化

野口栄三郎・尾藤方通
（日本海区水産研究所）（東海区水産研究所）

On the Seasonal Variations of the Liver Weight and Oil Content of the Mackerel

Eizaburo NOGUCHI and Masamichi BITO

The seasonal variations of the liver weight, oil content, and vitamin-A unite of the Mackerel caught in TAJIMA was observed.

1) Both the liver weight and oil content were affected by the nutrition of the kind of the feed and physiological influence of the reproduction.

2) The liver weight of the female was very increased in time of the period of egg-formation and rapidly consumed by the spawning, but in the male the liver weight does not change so remarkablly.

3) In February, the low unite of V-A was shown in spite of the low content of liver oil, that is seemed by the effect of the difference of feed.

I 諸　　言

魚類の肝臓は消化液を分泌し，消化物を同化するのみならず，蛋白質，脂肪，炭水化物，ビタミン，各種無機物質の貯臓機関としての作用を行い生活体にとつて生理上極めて重要な機関であるばかりでなく，漁獲物の利用に際してもビタミン資源として極めて重要な機関である。從つて各種魚類の肝臓重量，成分量，ビタミン A，D 含有量等に関しては極めて多くの報告が行われているが，然し之等の研究の多くは殆んどビタミン資源としての肝臓利用の目的でなされた為断片的で系統的なものは極めて少い。我々は重要漁獲物の計劃的な高度利用上の資料を得ると共に之等魚類の生理，生態，環境等の変動を把握する目的で周年に亘る魚体の各部分量，成分量の変動を調査しているがこれ等の資料中肝臓重量，脂肪量，ビタミン A 量の変化はサバの生理，生態，環境等と極めて密接な関聯を持つている様な結果を得たので取敢えず報告する。

II 資　　料

資料は但馬（兵庫県城崎郡香住町）地先で1本釣に依り漁獲された極めて新鮮な鯖を使用した。調査資料は各時期に漁獲された魚群を代表すると考えられるものを推計学的に抽出して使用しなければならないが，研究従事者及予算の関係，並に天候及漁期の関係に依る出漁日数の不定，市場操作に於て各漁船毎に販売される等の関係で計劃的に採取することが出来ず 毎回その時期に於ける魚群を代表 すると考えられる 漁船から 20 尾前後を乱取して資料に供した。又年令査定等の生物学的調査も施行することが出来なかつた。

この様にして採取したサバの体長組成は Fig. 1 に示す様であつて，更にこの魚群を各漁獲時期に於ける各魚群の体長モード，相川[1]，大内[2] 等に依る鯖の年令査定の結果及び鯖の生長率等を考慮に入れて Fig. 1 に示す様な生長曲線を仮定し，各年令群に於ける肝臓重量，脂肪量等の周年変化を調査した。

1953 年5月 30 日受理（印刷費負担）

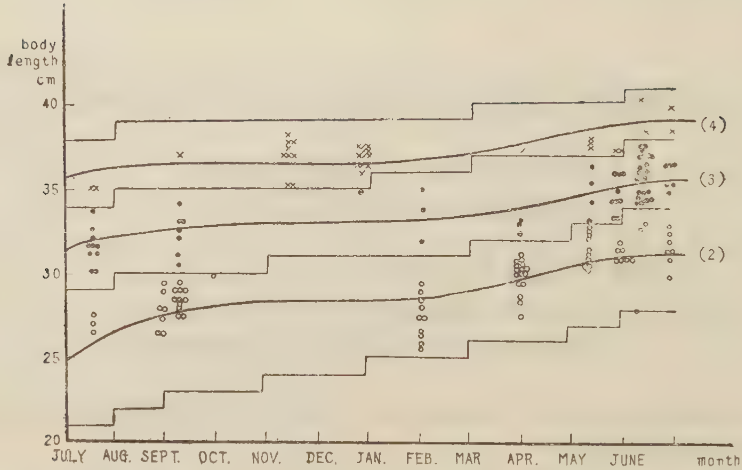


Fig. 1 Preliminary growth curves of the mackerel.

Ⅲ 研 究 方 法

肝臓重量の測定は肝臓部のみを丁寧に切り取り粗バランスで秤量し，脂肪及びビタミン A 量は肝臓の全量を脱水芒硝と混和脱水後エーテル抽出を行い，この抽出油について脂肪及び Car-price 反応に依る大島式ビタミン A 比色計に依つてビタミン A を測定した。

Ⅳ 結　　果

1） 肝臓重量

魚類の各部分量については従来多くの報告があり，サバ肝臓重量についても大島[3]其の他多[4)5)6)7)]くの報告が見られるが之等の報告は何れも断片的のものであつて体重の 0.6％～2.9％の範囲で普通 1.0％～2.0％程度であると報告されている。我々が調査した約 200 尾の資料に於ても 0.6％～2.9％の範囲で平均 1.5％を示した。各時期に於ける肝臓重量の増減は Fig. 2 に示すが産卵後と考えられる 7 月頃から 12 月頃迄は体長の増加に伴い徐々に増量しているが年を越して 2 月頃には一時低下し卵形成期と考えられる 4 月～5 月

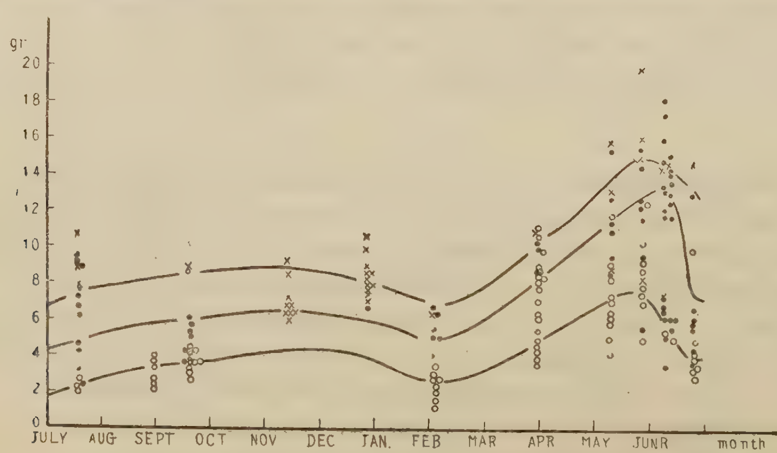


Fig. 2 Seasonal variation of the liver weight

にかけては急激に増加して産卵盛期の6月初旬には最高に達するが産卵直後と考えられる6月中，下旬には急激に減少して最低に達する。

体長と肝臓重量との関係を図示すると Fig. 3 に示す様に体長の増加に伴つて肝臓重量は増加し，東[5]がカツオで述べている様に直線的の関係が認められる。そしてこの場合注目されることは3月～7月にかけて肉眼的に雌雄別が認められる時期には雌の肝臓重量が極めて大きい事であつてこの事は既に釧路産のサバで宇野[6]が認めており，大島[3]等がマス類で認めている通りであるが卵形成期以外に於ては殆んど雌雄別の差が認められないと云う事である。即ち卵形成期になると雌の肝臓重量は急激に増量するが雄は精巣形成期となつても著るしい増量は示さず又放卵に依つて雌の肝臓重量は急激に減少するが雄の場合には著るしい増減がない事を示している。そして Fig. 2 に於て5～6月の候に高年魚の鯖の肝臓重量で可成り低い値を示しているものがあるがこれは何れも雄の場合であつた。

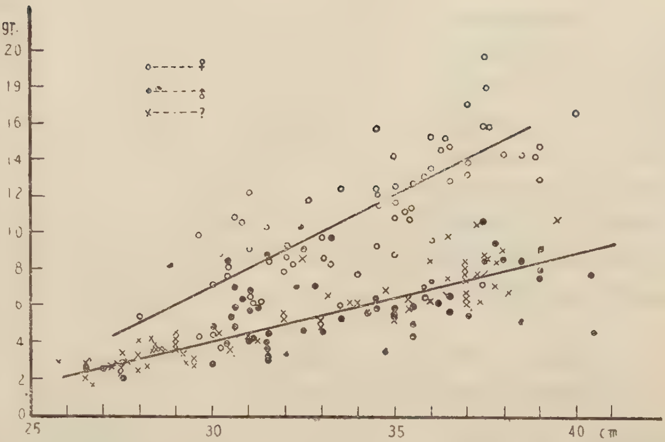


Fig. 3 Relation between the liver weight and body length.

2） 肝臓脂肪量

肝臓脂肪量の時期的変化を示すと Fig. 4 の通りで武井[8]がスケソウで報告している様に体長と肝臓脂肪量との間には一定の関係は認められない。肝臓脂肪量は他の精肉，内臓，幽門垂等の脂肪量と同様産卵終了後の8月頃から急激に増加して 11 月～12 月には最高に達し，10％～20％を示しているが年を越すと急激に減少する。2月から産卵が開始される5月頃迄は殆んど増減がないが産卵が開始されると再び急激に減少して2％～4％内外となり最低を示す様になる。BULL[9]は *Gadus meriangus*（タラの一種）について生殖腺の発達と共に肝臓の含油量は増加し，充分に成熟した場合最高に達し，放卵に依つて最小となると述べているがサバに於ては卵形成期に於ては殆んど増加の傾向を示していなかつた。

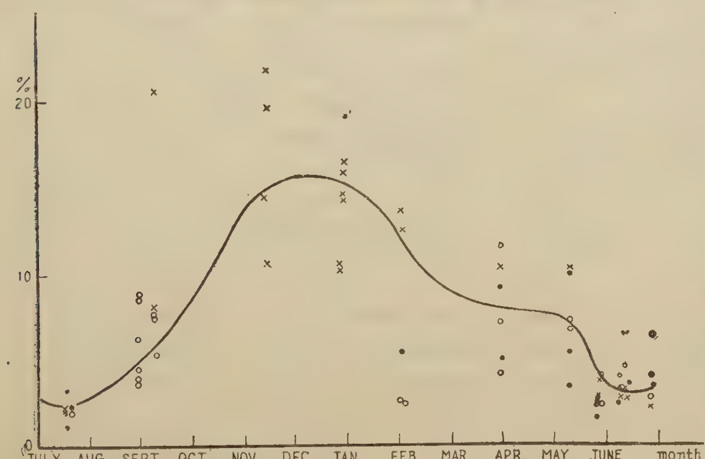


Fig. 4 Seasonal variation of the oil quantity in the liver.

3） 肝油のビタミン A 濃度

サバ肝油のビタミン A 濃度の時期的変化は Fig. 5 に示す。大体に於て肝臓脂肪量と反対の傾向を示し，産卵期に入り脂肪量が減少すると共に増加して産卵直後最高に達するが，9月頃から肝臓脂肪量が急激に増加するに伴つて急激に減少し，河合[10]DRUMMOND[11]等が既にタラに於いて報告していることゝ同様な結果を示している。唯2

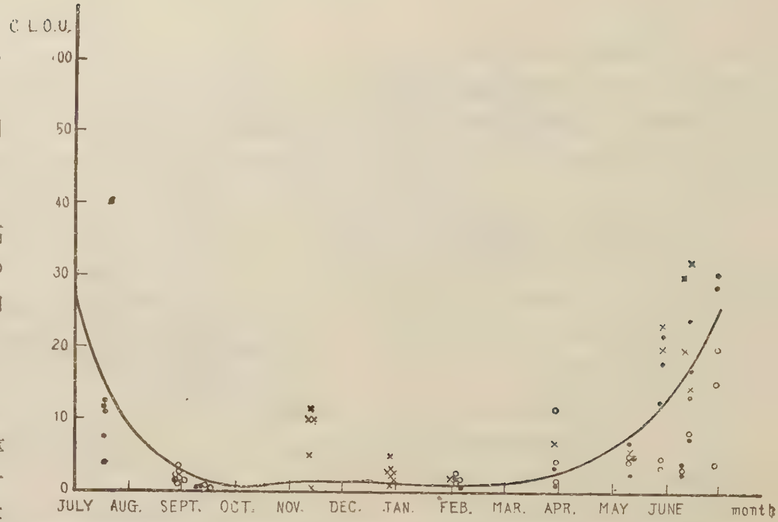


Fig. 5 Seasonal variation of the vitamin A contents per gram of the liver oil.

月頃のサバは肝臓脂肪量が少いのに係わらずビタミン A 濃度が極めて低いのは餌料関係に依るの ではないかと想像される。又従来高年令群となる程ビタミン A 濃度は高いと云われているが産卵期のサバに於ても矢張りこの傾向は認められる様である。

V 考　　察

サバの肝臓重量及び脂肪量は各年令群共各時期に於て一定の増減を示しているが之は何れも餌料に基く栄養関係及び産卵に依る生理的原因に基くものと考えられる。今資料中の餌料の種類を表示すると Table 1 に示す様に 11 月から翌年 3 月頃迄は小イカ又は小アジであるが 3 月から 11 月迄はアミ及び小イワシを飽食している。生殖腺が未だ形成されていない 2 月頃肝臓重量が減少し，脂肪量が減少していることは他の可食部肥満度，精肉，内臓，幽門垂の脂肪量が減少[13]していることからも明らかな様に餌料に脂肪量の多いアミ類が少く，脂肪量の少い小イカ等を摂餌している為と考えられる。又 2 月頃肝臓脂肪量が少いのにも係わらずビタミン A 濃度が低い事も 東[12] に依つて油鮫の肝臓油等に於て述べられている如く全く之等の餌料の種類及び量に影響されている為と考えられる。

卵形成期の 3 月以降はアミの如き餌料も豊富となりながら肝臓脂肪量が増加していないことは之又他の精肉，内臓，幽門垂の場合と同じく之等の餌料から得られた脂肪其の他の栄養分が殆んど生殖腺形成の為に消費されている為と考えられる。又サケ，マス，イワシ等に於ては産卵後急激に体力が消耗し精肉内の脂肪，肝臓脂肪量等が減少しているがサバに於いてはこの様な急激な減少が認められていないがこの事は一面後述する様に肝臓実質が急激に消費されると共に産卵期中に於いてもアミの如き餌料を攝餌しており急激な体力の消耗を防いでいる為と考えられる。

Table 1. Kind of the feed in stomach

Date	Kind of the feed	volume	no. of mackerel
July, 17	mysis ? none	large	13 1 3
Aug. 28	Small sardine	large	7
Sept. 8	mysis ?	large	16 4
Nov. 12	Small squid or small horse-mackerel ?	little	5 5
Dec. 26	Small squid or small horse-mackerel none	little	14 4
Feb. 1	Small squid	little	17
Mar. 29	Small sqiud mysis	little little	20 3
May. 9	mysis ?	large	20 1
26	mysis or small sardine	large	22

June. 8	mysis none	little	9 12
11	mysis	large	14
26	Small sardine none	little	15 5

卵形成期に於て，他の精肉，内臓等の脂肪が減少し，重量が減少しているに係らず雌の肝臓重量が急激に増加することは誠に興味のあることである。この事は放卵後急激に肝臓重量が減少することから産卵に依る体内エネルギーの平衡状態の異常な失調を急激に是正する為に肝臓実質が急激に消費され，この補給の為の生理的現象として卵形成期中に急激に肝臓実質が貯えられるものであろう。そしてこの場合雄の場合に比較し雌の割合の増減が極めて甚だしい事は生殖作用に於て産卵現象という事は放精現象の場合よりも急激に異状な体内エネルギーの平衡失調を来すものと想像される。

更に又8月以降肝臓脂肪量が急激に増加するに係らず肝臓重量の増加は緩慢であり，卵形成期に於て肝臓重量が増加するにも係らず脂肪量が増加していない事は肝臓脂肪の新陳代謝は肝臓実質の新陳代謝に前駆するものであると云う事も考えられる。即ち以上の事からしてサバ肝臓重量，脂肪量，ビタミン A 量の増減は餌料の豊凶，量等に依る栄養関係及び産卵と云う生理的現象に依つて著しい影響をうけるものであると云う事が想像される。

Ⅵ 摘　　要

1） 但馬地区で漁獲された鯖の周年に亘る肝臓重量，肝臓脂肪量，ビタミン A 量の変化を調べた。

2） 肝臓重量及び脂肪量，ビタミン A 量の濃度は餌料の種類及び量に基く栄養関係並に産卵と云う生理的現象に依つて影響される。

3） 肝臓重量は雌に於て卵形成期になると急激に増加し放卵に依つて消耗する。雄の場合はその様な傾向はない。之は産卵現象と云う異状なる体内エネルギー平衡の失調に基く為と考えられる。

4） 肝臓油のビタミン A 濃度は肝臓の含油量の多い時は低く，含油量の少い産卵期には高い，但し2月頃のサバは含有油が少いがビタミン A 濃度は低く，之は餌料の種類が異る為と考えられる。

Ⅶ 参 考 文 献

1） 相　川　広　秋：日水会誌 **6**. 9～2 (1937).

2） 大　内　　明：未発表

3） 大　島　幸　吉：“水産動物化学” 上巻，学術図書，東京，(1949) p. 7, p. 9～13.

4） 深山義道，小坂部勇：日水会誌，**9**, 16, (1940).

5） 東　　秀　雄：“水産副産物の化学的研究”，学術図書，東京 (1942), p. 36, p. 33.

6） 宇　野　　勉：北水試月報，**7**, (11), 9～18 (1950) **7**, (12), 36～42 (1950) **8**, (10), 41～2 (1951).

7） 勝井五一郎：醱酵工学，**28**, (8), 328～333 (1950).

8） 武　井　友　七：日水会誌，**7**, 119～121 (1940).

9） H. O. Bull,：J. Marine Biol. Assoc., 15, 1928.

10） 河合龜太郎：薬学雑誌，**50** (3), 249 (1930). **50**, (10), 951 (1930)

11） Drummond：“The Relative values of cod Liver oils from Various sources” (1930) p. 75.

12） 東　　秀　雄：日本農芸化学会誌，**16**, 1181 (1940). 日水会誌，**18**, 310 (1953).

13） 野口栄三郎，尾藤方通：未発表

サメの年令とビタミンAの群蓄積率*

山村 彌六郎
（東北海区水産研究所）

Relation Between the Age of Shark and the Group Accumulative Ratio of Vitamin A.

Yarokuro YAMAMURA

Accumulation of vitamin A —— the growth promoting vitamin —— in the liver is very little in early stage of growth, while it will suddenly be accumulated in the liver of the shark when it has grown to adult (above 80 cm in body-length) (Fig. 1).

The ratio of vitamin A concentration above 10 C. L. O. U. to whole individuals in each body-length —— may be called the group accumulative ratio of vitamin A —— were calculated and were graphically shown in Table 1 and Fig. 2.

The estimation of the age of shark will be depended only on the body-length, because shark has no annual rings on scales or ear stones.

The author has made the deduction of the age of a shark (*Squalus suckleyi*) from the frequency curves of the body-length by using the samples of the ONAHAMA, the NIPPON-KAI and the HOKKAIDO-TOHOKU Sea region, surrounding Japan Islands (Fig. 3). From the results of these treatments, it was presumed that the shark grows about 15～25 cm a year. The relation of age and body-length as being shown in Table 2. At two age it reaches the economical minimum body-length (60～70 cm), while the first parturition age is attained at three age (85～95 cm in females and 65～70 cm in males).

It may, therefore be, said that the group accumulative ratio of vitamin A in the shark is rapidly increased at three age in which the gonads have been ripened both males and females.

ビタミンAは生物体内に於て成長促進作用をするものであり，従つて幼動物の体内に於ては絶えず成長のために消費されておるので，その体内（主として肝臓**）に於ける蓄積量は若年の間は甚だ少いが，成長が或る域に達すると急激にビタミンAの蓄積量が増すと考えられる。

この時期は生殖腺も熟し，一応成魚となつた時期と考えてよい。即ち，アブラザメ（*Squalus suckleyi*）について云えば，体長で 90 cm，体重で 7 kg 前後のところにこのビタミンA蓄積量の急増点がある（第1図）。

今，アブラザメの体長とビタミンA濃度との関係について，10 C. L. O. U. 以上の比率——これをビタミンAの群蓄積率と呼ぶことにする——を月別・体長別に調べてみると第1表のようである。

次にこの群蓄積率の各月平均をとり，体長に対してプロットしてみると第2図の通りである。

1953 年 4 月 30 日受理（印刷費負担）

* 山村・武藤：アブラザメの体長と肝油のビタミンA濃度との関係，東北水研報告第2号を參照。

** 東等（日水会誌，13, 7, 1953）によるとアブラザメでは総ビタミンAの 98 % 以上が肝臓に貯えられる。

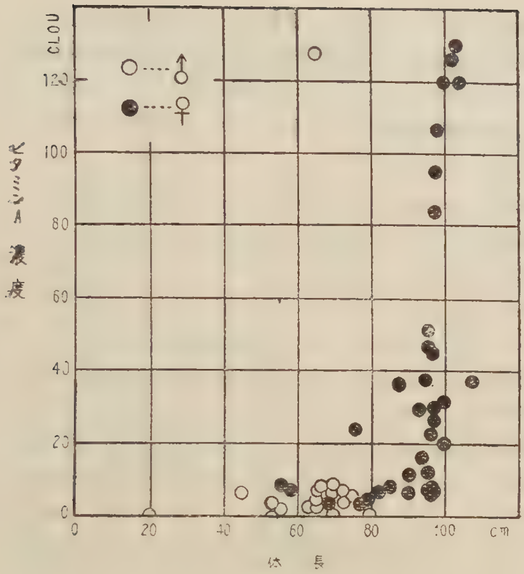


Fig 1. Relation between the body-length and vitamin A concentration in the liver of *Squalus suckleyi*.

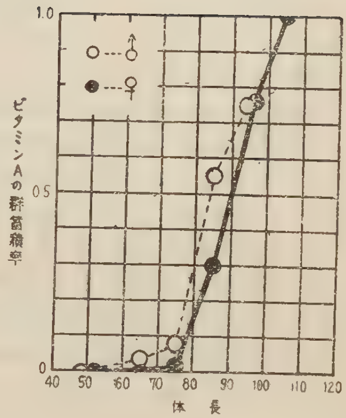


Fig 2. Relation between the "Group Accumulation Ratio" of vitamin A and the body-length in *Squalus suckleyi*.

第 1 表* ビタミンAの群蓄積率 (10 C. L. O. U. 以上)

体長 ＼ 月		1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	計
cm 40— 60	♂	—	0 2	0/4	0/2	0/2	0/5	0/4	—	—	—	0/19= .00
	♀	0/2	0,1	—	0/1	0,2	0/2	0/2	—	—	—	0/10= .00
60— 70	♂	0/1	0/4	0/8	0/5	0/2	0/1	0/2	0/7	0/4	1/3	1/37= .03
	♀	0/1	—	—	0 3	—	0/4	0/2	—	0,3	0,3	0/16= .00
70 - 80	♂	0/1	0/3	0/4	—	0/1	0/4	2/5	0/3	0/4	0/2	2/27= .08
	♀	0/1	0,3	—	1/1	0 1	0 2	0,2	0/5	0/1	1/3	2/19= .01
80— 90	♂	—	—	—	—	—	2/5	**3/3**	**4/5**	2/7	—	11/20= .55
	♀	**2/2**	2/4	2/6	—	1/1	0/3	0/2	0/4	0/4	**1/1**	8/27= .30
90—100	♂	—	—	—	—	0/1	—	**2/2**	—	—	**1/1**	3/4= .75
	♀	**3/4**	**12/12**	**4/7**	**4/6**	**2/2**	**1/1**	1/3	—	**4/5**	**1/1**	32/41= .78
100—120	♂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	♀	—	—	—	**2/2**	—	**3/3**	**3/3**	**5/5**	**1/1**	—	14/14=1.00

この図で明らかなように，大体雌雄共 80 cm を境として急激にビタミンAの群蓄積率が増すことがわかる。この曲線の最も傾斜の急な部分は ♂ で略々 75～85 cm，♀ で 85～95 cm である。このことは山本・木部崎 [1] が調べたように，雌は体長 78～82 cm で概ね懐妊し，86 cm 以上では懐妊率 100 % を示すことと一致する。雄はこれよりも幾らか早く（体長 65～70 cm で）成熟するようである。

* この表でもわかるように群蓄積率は雌雄共 80 cm をこえると急に増すが，季節による変動はあまりみられない。

而して雌では体長 105 cm 附近で群蓄積率は 1，雄では 90 cm 前後で .75 となり夫々成長は停止する。

しからばこの最大成長点に達する年令はいくらかというのに，サメの年令に関する報告は現在筆者の寡聞のためか見当らない。その理由はサメ類では年令査定の手がかりとなるところの鱗紋や耳石がないので，体長組成以外に頼る手がないわけであるが，その体長組成の測定も多くはなされていなかつたがためであると考えられる。

筆者は偶々小名浜に在つた時分，アブラザメの体長組成を測定して置いたので，それに日本海での山本・木部崎[1]の測定値及び東北水研八戸支所[2]が行つた東北・北海道の測定値を併せてアブラザメの体長分布図を造ると第3図のようである。

この図において小名浜，日本海，東北，北海道の体長分布が夫々別個の群から抽出されたにも拘らず，略々共通して 35 cm，65 cm，及び 90 cm 附近に三つの山が認められ，その間隔が年令区間をあらわすものとするとアブラザメの年令と体長との関係は次の通りである（第2表）。

第 2 表

年令	体長区間	1 年間の成長量	
0 才	20～35 cm	15 cm	平均 23.4 cm
1	35～65	30	
2	65～90	25	
3 以上	90～	—	

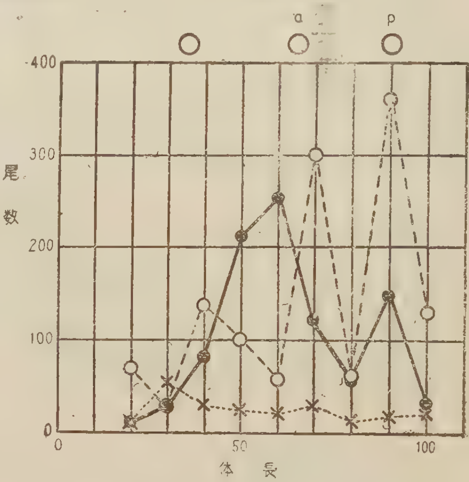


Fig 3. Frequency curves of the body-length.

—●— ONAHAMA '46, '48, '49
--○-- NIPPON-KAI '48
…×… TOHOKU-HOKKAIDO '49
$a \fallingdotseq 2$, $p \fallingdotseq 3$

又このことは東北水研八戸支所におけるホシザメ（*Cynias manazo*）——アブラザメと略々同大に成長するサメ——の池中飼育試験[3]の結果から，平均体長 33.6 cm のものが秋季（9 月 16 日—11 月 2 日）48 日間に平均 4.2 cm の体長増加を示したことから推定して，アブラザメも亦一年間に 15～25 cm の成長をすると考えても大きな誤りはないであろう。

そこでアブラザメでは商業的最小年令 a は略々 2 で産卵年令 p は凡そ 3 と考えてよい。

すなわちアブラザメでは産卵年令（3才）に達すると急速にその肝臓中にビタミンAを蓄積することがわかる。

（註）アブラザメでは雄と雌で最大成長点が異るので厳密には雌雄別に体長分布を求めなければならないのであるが今回は資料不足のためそれが出来なかつた。

終りに御教示並に御校閲を賜わつた田内森三郎先生に深謝の意を表す。

文　献

1) 山本・木部崎：日水会誌 15，10 (1950).
2) 東北水研八戸支所：底曳網漁業調査年報，昭和 24 年度，第2号
3) 猿田・笠原：東北水研研究報告，第1号 (1952).

アブラザメの肝臓よりビタミン油の抽出に関する研究*

立野新光・田中晴夫
（九州大学農学部水産化学教室）

Studies on the Extraction of Vitamin Oil from the Liver of the Dogfish

Shinko TACHINO and Haruo TANAKA

The oils contained in the fresh liver of the dogfish, *Squalus suckleyi*, could be extracted in several fractions by applying the processes of freezing, autolysis and alkali-digestion.

When the liver was once frozen and then autolyzed for several hours at a normal temperature the greater part of the oil in the liver was easily released, but the vitamin A potency of the oil was lower than that of the oil which was extracted by digesting the whole liver with alkali.

The oil removed from the liver-residue was small in its amounts, but the potency of vitamin A was very high.

As vitamin A content in the liver-residue was gradually raised with the increase of the oil released from the liver, the high vitamin A potency oil could be extracted even from the low vitamin A content liver.

緒　言

水揚地からアブラザメの肝臓を容器に入れてビタミン工場に輸送したものの中で，容器の上部に油が浮上しているものと浮上しないで肝臓の表面が変色しているものとがある。この理由については久しくわからなかつたが，新鮮な肝臓を一旦凍結して後溶解したところ，油が分離し易くなり，分離した油のビタミンA単位が，肝臓全体をアルカリで分解して得た油の単位に比較して可成り低いことがわかつた。それ故に，肝臓から自然に浮上して来る油の量を人為的に増減せしめ浮上油を除去することによつて，ビタミンの単位の低い肝臓からでも或る程度単位の高い油を採る事が出来るのではないかと考えられる。

辻本[1]，東[2]はサメの肝臓の煮取粕からビタミンの単位の高い油が得られたと報告しているし，高田等[3]は魚類の肝臓を組織学的に研究して肝臓中にはビタミンA含有油粒と非含有油粒とが別々に夫々一定の配列をなしていることを明かにしているので，肝臓の油粒を出来るだけ別々に抽出することによつて同じ肝臓から低単位のビタミン油と高単位のビタミン油を得ることが出来る訳である。

著者等は此の問題についてアブラザメの肝臓を原料として研究し，所期の結果を得，且つこれに附随した二三の新事実を知つたので報告する。

実験及び考察

1. 実験方法

試料は日本海産のアブラザメ肝臓を用い，初め凍結室に於て一昼夜冷凍した後室温で融解せしめ，チョッパーにて細断し，攪拌均一にしたものから 100g ずつを数個の 200cc のビーカーに採取した。これを恒温

1953年3月30日受理（印刷費負担）
* 昭和26年5月6日，日本水産学会年次大会で講演発表

器中で，夫々の温度で一定時間自己消化を行い，浮上した油を採取し，沈降した肝臓残渣は等量の水を加えてpH8.6で苛性曹達で分解して採油し，各々の場合の油の歩留及び油のビタミンAの含有量を測定した。ビタミンAの単位はロビボンドのチントメーターを用いて測定し，米国薬局方単位（U. S. P. U.）で表した。

2. 冷凍と自己消化

50～65%程度の油を含有する肝臓は一度冷凍して融解すればそのまゝでも室温で10～20%(肝臓に対して)の油が浮上（Release）するが，チョッパーをかけて細断すると 30% 位の油が分離し，更に温度を適当に上げて自己消化を促進せしめるときは 50～58% の油が浮上分離する。之に反し冷凍しない新鮮な肝臓は室温で 20%，温度を適当に上げても 30% 迄しか油が浮上分離しない。第 1 表はアブラザメ肝臓を白色のものと黒色のものとの２種類に分け，40°C で試験した結果であるが，分離する油の量は白・黒によつて殆ど差が認められない。自己消化中の酸価の上昇も極めて僅かであるから，アルカリ精製の時著しく歩留を減ずることはないが，酵素の作用を無くするため浮上分離した油は一旦加熱して酵素を分解する必要がある。

Table 1. Influence of freezing on the autolysis of liver

Sample			Time of autolysis (hr) At 40°C			
			1	2	3	4
White liver (oil cont. 64.5%)	Frozen	Released oil %	38.5	47.6	57.0	57.4
		Acid value	0.68	0.68	0.68	0.73
	Unfrozen	Released oil %	13.0	18.5	20.0	20.3
		Acid value	0.60	0.60	0.60	0.65
Dark liver (oil cont. 60.0%)	Frozen	Released oil %	36.7	45.5	52.0	53.5
		Acid value	0.96	0.96	1.05	1.05
	Unfrozen	Released oil %	17.5	21.7	25.5	26.0
		Acid value	0.90	0.90	0.90	0.90

3. 自己消化の温度

肝臓の自己消化の適温については第２表の如く 30～60°C の範囲であれば何度でも差支がなく，その程度の温度では３時間で肝臓中の油の 90% 前後の油が浮上分離する。浮上する油のビタミンA単位は温度が高くなり浮上油が増加するにつれて僅かながら高くなる傾向があるが，酸価には殆ど影響がない。20°C 以下では油の浮上が困難であり，70°C 以上では蛋白質が凝固して来る。

Table 2. Influence of temperature on the autolysis of liver

Conditions of autolysis		Liver A (oil cont. 69.8%)			Liver B (oil cont. 65.5%)		
Temp. (°C)	Time(hr)	Yield of released oil	V. A in oil V. S. P. U./g	Acid value	Yield of released oil	V. A in oil U. S. P. U./g	Acid value
12	24	22(%)	600	0.60	30(%)	38,000	0.90
20	24	31	600	0.60	35	38,000	0.90
30	3	50	600	0.60	37	39,000	0.90
40	3	52	650	0.60	59	40,000	0.90
50	3	52	650	0.65	59	40,000	0.90
60	3	52	650	0.65	59	40,000	0.95

4. 分 別 採 油

以上の実験結果を基礎とし，第3表に示した4種の肝臓について冷凍細断後 40°C で自己消化し，1時間・2時間・3時間の3回夫々の状態を精査した。表中 A・B は黒色，C・D は白色の肝臓，Whole liver とは肝臓全体をアルカリ消化したもので，油の歩留及びビタミン A の単位を示し，Liver value は所謂肝臓価であつて，Liver value＝単位数×歩留%数×$\frac{1}{100}$ である。

自己消化が進み浮上油が増加するにつれて肝臓蛋白は次第にビーカー底部に沈降し，肝臓の油の大部分が分離した時は浮上油と共に流出することはない。分離浮上する油のビタミンAの単位は肝臓全体の油のビタミンAの単位より遙に低く，然もビタミンAの濃度の低い肝臓程浮上油の単位の低くなる割合が大きい。之に反しビタミンA濃度の高い肝臓程その割合が比較的小さいのは，高濃度のビタミン油を含有する肝臓はその脂肪が豊富で，蛋白消化酵素も強く肝臓蛋白が早く分解されて高濃度のビタミン油が浮上油中に出て来るためと思われる。自己消化の時間が長くなるにつれて浮上油の単位が僅ながら上昇する傾向があるが，酸価の上昇は殆ど見られないことは第1表の場合と同様である。

要するに，自己消化によつて肝臓から分離浮上する油のビタミンAの単位は，肝臓全体をアルカリ処理で抽出したものよりも遙に低く，然も浮上油の量が多くなつても単位は殆ど一定であるから，浮上油が多くなく肝臓残渣の含油量が少くなる程，残渣の油のビタミンAの濃度が高くなる。

例えば第3表試料Cの場合，肝臓全体をアルカリ分解によつて採油すれば 2,900 U.S.P.U./g，60%（生肝臓に対し）の油が得られるが，この程度のビタミンA濃度ではビタミン油としての価値はない。ところがこの肝臓を冷凍後1時間自己消化することにより，920 U.S.P.U./g の浮上油として 37% 除去することが出来，残渣からアルカリ分解によつて 6,400 U.S.P.U./g の油を 23% だけ採ることが可能となる。この程度の単位であればビタミン油として相当の価値があるからそれだけ有利になる。浮上油の量は自己消化の時間によつて増減出来るから，肝臓全体としての単位と浮上油の単位がわかれば，肝臓残渣から得られる油も略所望の単位とすることが出来る。自己消化3時間で浮上する油を全部除去する時は，その肝臓残渣から 16,000 U.S.P.U./g，7.8% の油が得られる。黒色の 30,000 U.S.P.U./g 以上の油を含有する肝臓であれば 100,000 U.S.P.U./g 以上のビタミン油を採ることも困難ではない。尚マダラ肝臓についても同様の試験を行いアブラザメの場合と同様の結果を得た。

Table 4. Vitamin A concentration in the oils of liver residues

Kinds of oil		Liver A (oil cont. 64.5%, 50,000 U.S.P.U./g)			Liver B (oil cont. 59.2%, 31,000 U.S.P.U./g)			Liver C (oil cont. 60.0%, 2,900 U.S.P.U./g)			Liver D (oil cont. 64.0%, 430 U.S.P.U./g		
		V.A in oil U.S.P.U./g	Y	Z	V.A in oil U.S.P.U./g	Y	Z	V.A in oil U.S.P.U./g	Y	Z	V.A in oil U.S.P.U./g	Y	Z
Released oil	(%) 50～90	39,300			20,000			1,000			130		
Oils of liver residue	(%) 50	60,700	1.23	1.54	42,000	1.35	2.10	4,800	1.65	4.80	730	1.69	5.60
	40	66,100	1.32	1.68	47,500	1.53	2.37	5,750	1.98	5.75	880	2.04	6.76
	30	75,000	1.50	1.91	56,700	1.83	2.84	7,340	2.53	7.34	1,130	2.62	8.70
	20	93,000	1.86	2.36	75,000	2.42	3.75	10,500	3.62	10.50	1,627	3.78	12.50
	10	149,000	2.92	3.71	130,000	4.20	6.50	20,000	6.89	20.00	3,000	6.97	23.00

$$Y=\frac{\text{V.A in oil of liver residue}}{\text{V.A of whole liver oil}} \qquad Z=\frac{\text{V.A in oil of liver residue}}{\text{V.A of released oil}}$$

第3表では自己消化の各時間で浮上する油の量の割合が一定していないので，各試料から浮上する油の量と肝臓残渣から得られる油の量との比率が一定した場合の肝臓残渣中の油のビタミンAの単位を次の如く肝臓価の式に従つて計算し第4表のような結果を得た。

$$\text{浮上油の平均単位数} \times \text{浮上油の量}(\%) \times \frac{1}{100} + \text{肝臓残渣中の油の単位} \times \text{肝臓残渣中の油量}(\%) \times \frac{1}{100} = \text{肝臓価}$$

（此の式に於て肝臓残渣中の油の単位だけが未知で他は全部測定によつて知られる）

この場合含油量には関係なく肝臓全体の油を 100 とし，浮上せしめる油の量を 50% から 90% に増加する時は，肝臓残渣から得られる油の量は 50% から 10% に減ずることゝなり，それだけビタミンAが濃縮されることゝなる。即ち第4表中A肝臓に於て浮上油 50%，肝臓残渣中の油量 50% の時は，残渣中の油のビタミンAの濃度は 60,700 U.S.P.U./g となり，夫々 90%，10%とする時は 146,000 U.S.P.U./g となる。又ビタミンAの濃縮される割合については，肝臓全体から抽出した平均単位に対する比率(Y)と，分離浮上した油の平均単位に対する比率（Z）を示した。肝臓中の油の 90% までは浮上油として分離出来るから第4表の残渣中の油 10% の場合を各々の試料について比較して見ると，高単位（A）肝臓では夫々 2.92 倍（Y），3.71 倍（Z），低単位（D）肝臓では 6.97 倍（Y），23.00 倍（Z）となつている。

5. 鮮度の影響

鮮度の低下した肝臓では以上による分別採油は余り効果がない。それは恐らく鮮度の下つた肝臓は組織が崩壊し，ビタミンA含有油粒と非含油粒との配列が混乱するためであると考えられる。第5表は相当古くなつた肝臓について行つた試験で，肝臓残渣中の油のビタミンA単位と浮上油のそれとの比率は余り著しくない。それ故に新しい肝臓程此の比率が大きくなるものと考えられる。

Table 5 Influence of degradation.

Sample	Kinds of oil	Yield of oil	V.A in oil u.s.p.u./g	Acid value
Liver I	Released oil	50.7	665	1.54
	Unreleased oil	14.1	819	0.22
	Total	64.8		
Liver II	Released oil	50.7	575	1.57
	Unreleased oil	10.8	820	0.15
	Total	61.5		
Liver III	Released oil	40.0	44,000	1.83
	Unreleased oil	18.2	47,000	0.18
	Total	58.2		

摘　　要

新鮮なアブラザメ肝臓は之をアルカリ分解する前に，冷凍と自己消化の操作を行うことにより，ビタミンの濃度を異にする数種類のビタミン油を分別採油することが出来る。冷凍した肝臓は適温で数時間自己消化すれば容易に油の大部分が分離浮上するが，冷凍しないものでは油の分離が困難である。浮上油のビタミンA単位は肝臓全体をアルカリ消化して採つた油より低く，自己消化の初めと終りとでは殆ど一定している。それ故に肝臓残渣中の油のビタミンAの単位は浮上油が多くなる程高くなる。従つてビタミン油の原料として余り価値のない肝臓からでも，その油の一部を浮上油として除去することにより高単位のビタミン油を採ることが出来る。低単位の油を含む肝臓程分離油の単位が低く肝臓残渣に残る油の単位が高くなる。この操作中に酸価の上昇は殆ど起らない。

然し鮮度の甚だしく低下した肝臓の場合は，肝臓残渣中の油のビタミンA単位と浮上油の単位とは著しい相違がないので此の方法は応用しても余り効果がない。

文　　献

1) 辻本：“肝油の研究” pp 283～285 (1936).

2) 東：“水産副産物の化学的研究” pp 133～134 (1942).

3) 高田・勝井：脂溶性ビタミン総合委員会第三回会議研究報告 (1950).

水産動物油の酸化，重合に関する研究-I.
酸化，重合による食用油の製造に関する研究

東　秀雄・村山繁雄・田部井菊子
（東海区水産研究所）

Studies on the Polymerization and Oxidation of Marine Animal Oils—I. Preparation of Edible Oil from Marine Animal Oils

Hideo HIGASHI, Shigeo MURAYAMA and Kikuko TABEI

In the previous papers* we reported that fish oils, when slightly polymerized, become highly nutrious more than the original ones. In case of oils from the fin whale, *Balaenoptera physalus*, and the arrow toothed halibut, *Atheresthes evermanni*, the nutritive value of the slightly polymerized oils were found higher than that of soybean oil.

The present paper deals with a research we have made on the properties of polymerized or oxidized oils processed by various methods in order to prepare marine animal oil into edible oils. The results are summarized as follows :

1. Properties of the polymerized oils differ according to the conditions of polymerization (see Tables 1 and 2).
2. Viscosity of the polymerized oil prepared by using acid clay as catalyst is comparatively low, but when $AlCl_3$ is used as catalyst, the oil is highly viscous (see Table 3).
3. Mean molecular weight of mixed fatty acids of polymerized oil prepared by using acid clay as catalyst is lower than that of the fatty acids of the oil catalyzed by $AlCl_3$.
4. A polymerized oil good for edible purpose should not be too viscous. In other words, it is desirable to keep viscosity of the oil under 300 (Redwood 38°C). According to our observation, viscosity index of the polymerized oils rises higher than that of the original oil when the polymerization proceeds to a certain extent (see Tables 4 and 5).
5. When the oil is polymerized to some extent, the yield of polybromide from mixed fatty acids decreases distinctly. In order to compare the iodine value and mean molecular weight of the unsaturated acids with these of mixed fatty acids of the original oil, ether or benzene insoluble bromides which were gained from mixed fatty acids of the polymerized oil were debrominated. The comparison revealed that the iodine value of the unsaturated acid thus obtained is lower than that of mixed fatty acids. While, the mean molecular weight of the former is greater than that of the latter (see Table 15).

On the basis of our experimental results we assumed that the polymerized oils fit for edible purpose are those which are low in viscosity and small in molecular weight. For this

1953年5月29日受理　東海区水産研究所業績 B 第 115 号（印刷費負担）

* Bull. of Jap. Soc. of Sci. Fish., Vol. 16, No. 78, 1950 ; Vol. 17, No. 6, 1951.

reason polymerization must be carried out by using a suitable catalyst such as acid clay when marine animal oils are processed into edible oil.

1. 緒　　言

水産動物油は我が国で生産される油脂源として重要なものであるが，従来は劣等な油と一般に考えられ，鯨油，ビタミン油を除いては安価な工業用原料油として扱われている。水産動物油が一般に劣等な油と考えられているのは，その本質が利用価値が低いからではなく，その不快な臭味の為である。水産動物油は我が国の重要な油脂資源でもあり，且つ重要な水産製造物であるが種類も雑多であつて，種類が異なれば油の性質も異なるから，夫々の特性を利用し，適当な用途に向ける事が必要である。

水産動物油は高度不飽和酸を含み一般に不快な臭味を有しているが，水産動物油の中で高度不飽和酸が多く沃素価が高いものは表層回游魚類の油或は肝油類で，鯨油及び多くの底魚類の油は，高度不飽和酸含量が少く，一般の植物性食用油即ち棉実油，大豆油等よりむしろ沃素価が低い。高度不飽和酸を多く含み沃素価の高い油を従来の様に工業用に使う事は差支えないが，沃素価が低い水産動物油も同様に安価な工業用原油としてしまうことには問題がある。かゝる水産動物油はむしろ適当に加工し食用油として使用する方が合理的であろう。

水産動物油は高度不飽和酸等の好ましくない成分を含む為，これを食用油脂とするには従来は，これから硬化油（固体脂肪）を製しこれをマルガリンとしている。併し我が国民の食生活の現状よりすれば液状の食用油の需要は固体脂肪のそれよりもむしろ多い。水産動物油から液状の食用油の生産が行われれば，食糧自給に寄与する処が大きい。

水産動物油を加熱重合し液状の食用油とする事は以前より行われていた。魚油を加熱重合して食用としている例は独り我が国のみでなく，ドイツ[1]，ノールウェー[2]に於ても行われている。併し魚油を酸化，重合せしめて良質の食用油脂を製造する方法の研究は非常に少い。油脂の酸化，重合の研究は従来多くは潤滑油，塗料用油その他の工業用資材を目的とした高度の酸化，重合に関するものである。

水産動物油を酸化或は重合すれば一般には非常に嫌悪すべき臭味の油となる如く思われているが，適当な条件下に酸化，重合等の操作を加えれば，その嫌悪すべき悪臭味は大部分除去し得られる。これらの酸化，重合の条件を吟味すれば栄養価高く，食味も一般植物油に劣らぬ液状食用油の製造も可能と思われるのでこれについて研究を行うことにした。

酸化，重合油の栄養価については既に本研究所の脂質の栄養価に関する一聯の研究により*，水産動物油を適当な条件下に酸化或は重合した場合の栄養価は著しく高くなり一般に食用とせられている大豆油に匹敵する製品が得られ，殊にアブラガレイ油，鯨油等を原料とした場合は，それらの栄養価は寧ろ大豆油に優る食用油脂が得られることが明かとなつている。

2. 実 験 の 部

(1) 重合条件を異にした軽度重合油の性状

重合の著しく進んだ重合油は粘度高く分子量も過大で，食味の点からも栄養的にも食用油として不適当である。酸化，重合により水産動物油より食用油を製造する場合は，方法の如何を問わず，製品としては軽度の重合或は酸化によつて得られたものでなければならぬ。故に，著者等は先ず重合条件の異なる軽度重合油を製し，その性状を調べることにした。

---

* 鰮油の軽度重合油は原料鰮油に比し栄養価が高いことは既に日本水産学会誌 16 巻 7, 8 号 1950 年及び 17 巻 6 号 1951 年に報告してある。

試料油としては市販の鰮油をアルカリ精製後酸性白土処理し精製鰮油を製しこれを使用した。その性状を第1表に示す。

軽度重合油の製造法は精製鰮油 300 g を内容 500 cc の三口フラスコに入れ，炭酸ガスを導入しつゝ所定温度及び所定減圧下に 30 分乃至1時間加熱する方法によつた。重合の触媒として生石灰，酸性白土，炭酸石灰，無水塩化アルミニウム，沃化メチル，生ゴムの乾溜物，無水マレイン酸，クエン酸，ナフタレン，ベンヂン，硫酸，燐酸を用いたが，別に触媒を加えずに反応温度 200°C で単に加熱のみで重合させたものも製した。各種重合油の重合条件並に性状を第2表に示す。

第2表に於ける魚油臭の欄は，精製鰮油の呈せる魚油臭の強さを +++ とし，魚油臭の減少にともない，++，+，殆ど魚油臭を感じないものを － として示した。

沈澱 (17°C) の欄は精製鰮油において析出せる量を +++ とし，減少にともない ++，+ をもつて示した。第2表に示す如く沃素価は生石灰及び酸性白土を触媒とせる場合（試験番号 6）が最も低く 38°C に於ける粘度は生ゴムの乾溜物を加えたもの（試験番号 9）が最も高かつたがこの程度の重合時間ではいずれも粘度増加は著しくない。又粘度指数も試料油と大差ない。

重合油の色調は酸性白土（試料番号 5），生石灰と酸性白土（試料番号 6），炭酸石灰と酸性白土（試料番号 7）を加えたもの等は精製鰮油より寧ろ淡かつた。

いずれの重合物も魚油臭は減少しているが，殊に無水マレイン酸（試料番号 10）及びナフタレン（試料番号 12）を加えたものは魚油臭を殆ど感じない。併しどの重合油も新に生じた異臭を持つている。又この程度の軽度重合に於ては，常温に於て析出する沈澱物の量は，原料の精製鰮油と等しいか或はむしろ幾分減少している。

重合によつて沈澱物の量の差違が生ずる事は高度重合物に於ては重合油に gel formation が起るという研究があるが[3]，本表の沈澱物の量の差は斯かる gel formation ではなく，inter-esterification によるものと考えられる。

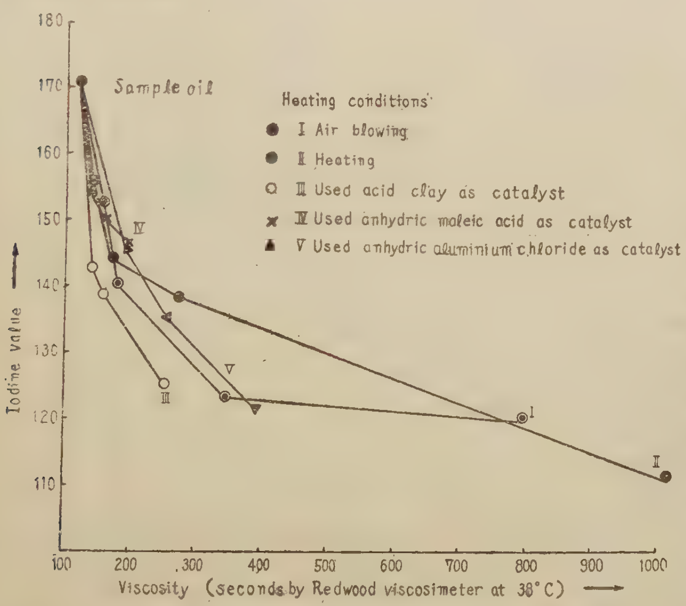


Fig. 1 Viscosity and iodine value of polymerized sardine oil.
各種鰮重合油の粘度と沃素価との関係

(2) 重合法の差異による粘度及び平均分子量の相違

実験 (1) に於て重合法を異にした諸種の軽度重合油の性状を調べたがそれらの重合法のうち栄養及び食味が適当と思われる5種の重合法即ち空気吹込，加熱，酸性白土を触媒とせるもの，無水マレイン酸を触媒とせるもの及び無水塩化アルミニウムを触媒とせるものを用い，(1) の実験より更に重合の進んだ重合油を造り，その性状を検した。その結果を第3表に示す。

試料油としては粘度（レッドウッド粘度計による）116 (38°C)，42 (99°C)，沃素価 170.7 の精製鰮油を用いた。第3表の重合油の粘度と沃素価との関係を図示すれば第1図の如くである。

第3表 高度重合油の性状

Table 3. Properties of the highly polymerized oil.

試料番号 No.	加熱条件 Heating conditions: 空気吹込 Air blowing	加熱条件 Heating conditions: 使用触媒 Used catalysts	加熱条件 Heating conditions: 加熱温度 Temperature of heating (°C)	加熱時間 Hours of heating	粘度（レッドウッド粘度計による秒数） Viscosity (seconds by Redwood viscosimeter) 38°C	粘度（レッドウッド粘度計による秒数） Viscosity (seconds by Redwood viscosimeter) 99°C	粘度指数 Viscosity index	沃素価 Iodine value
1	毛細管を通し空気吹込 Bubbling air through Capillary	—	120	1	154	49	162.1	152.5
				3	176	51	152.8	140.5
				5	342	67	143.8	123.5
				7	790	90	122.4	120.6
2	—	—	170	1	139	44	152.2	156.1
				3	166	50	159.2	144.5
				5	269	65	153.9	138.5
				7	1005	104	120.6	111.9
3	—	2%酸性白土 Acid clay	170	1	139	45	158.3	153.8
				4	156	48	158.6	138.7
				7	247	54	141.4	125.4
4	—	0.5%無水マレイン酸 Maleic anhydride	170	1	136	45	158.3	153.8
				4	160	48	156.7	149.9
				7	195	52	153.2	146.4
5	—	2%無水塩化アルミニウム Anhydric aluminium chloride	75	1	188	53	155.1	146.1
				1.5	255	66	156.8	135.5
				20	387		146.4	122.2

第1図に見る如く重合の初期に於ては何れの重合油も粘度の増加に著しい差違はないけれども，更に重合を進めると重合条件が異れば粘度に著しい差が出て来る。酸性白土を触媒として製した重合油は，他の方法で造つた重合油に比し沃素価の低下に対して粘度の増加が最も少い。食用油としては，粘度の増加が少いことが望ましいから5種の重合油の内，酸性白土を触媒として造つた重合油が食用油として最も適していることとなる。

重合すれば油は必然的に粘度を増すが食用油としては粘度が著しく高い油は使用に際しても，又食味からも好ましくない。食用油として使用上或は食味上許容し得る粘度をこれら5種の重合油について試験せる結果レドウッド粘度計で 38°C に於ける粘度は 300 秒位である。粘度 200 秒以上の油は何れも特有の魚油臭さなど感知出来なかつた。

次に酸性白土及び無水塩化アルミニウムを触媒として製したる各種重合油の沃素価と平均分子量との関係を検した。その結果を第2図に示す。

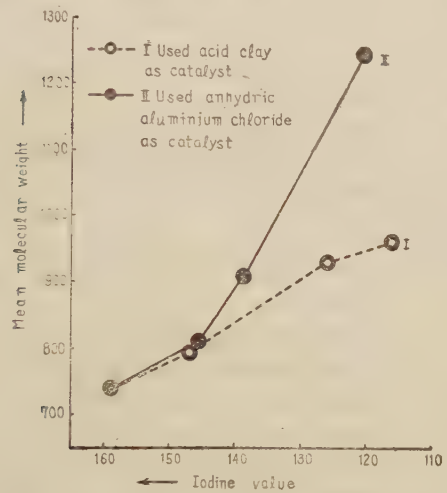


Fig. 2 Iodine value and mean molecular weight of polymerized sardine oil.
鰮重合油の沃素価と平均分子量との関係

平均分子量はベンゾールを溶媒とした氷点降下法で測定したものである。第2図に見られる如く，同じ沃素価の重合油に於ては，酸性白土を触媒として製した重合油の平均分子量は，無水塩化アルミニウムを触媒として製した重合油の平均分子量に比して著しく小さい。このことは，酸性白土触媒の場合は分子内環化の傾向が著しいか，或は不飽和因子の分解が著しいかであろう。食用油としては，不飽和度の減少に従い，平均分子量の増加が比較的少い重合法即ち酸性白土を触媒としたような型の重合法が，無水塩化アルミニウムを触媒としたような型の重合法よりも適当であると考える。

(3) 重合油の粘度と粘度指数との関係

液状食用油は粘度は著しく高からず，且つ粘度指数が高いものが望ましい。重合油の粘度は上に述べた如き範囲のものであればよいが，この範囲に於て重合油の粘度指数が如何に変るか吟味しておく必要がある。

石川氏等(4)は鰮重合油の粘度及び粘度指数の研究に於て，鰮油は加熱重合が進めば粘度指数は低下すると述べている。著者等は精製鰮油に酸性白土を 2%或は 5%加え，170°C の温度で加熱し，加熱時間を変えて重合度を異にした鰮重合油を製しそれらの重合油の粘度と粘度指数との関係を検した。その結果を第4表に示す。

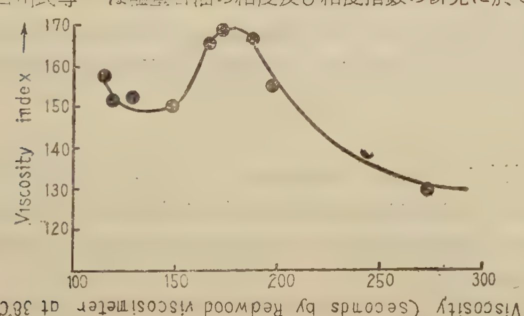


Fig. 3 Viscosity and viscosity index of polymerized sardine oil by acid clay as catalyst.
酸性白土触媒による鰮重合油の粘度と粘度指数との関係

第4表の粘度と粘度指数との関係を図示すれば第3図の如くである。

第3図に見る如く酸性白土を触媒として重合せしめた場合，重合の或段階に於て重合油の粘度指数が精製鰮油の粘度指数に比して明かに上昇する現象が認められた。次に触媒を加えずして単に加熱して製した鰮重合油について粘度

第 4 表 酸性白土触媒による重合鰮油の性状

Table 4. Properties of the polymerized sardine oil prepared by acid clay as catalyst.

試料番号 No.	重合条件 Conditions of polymerization 酸性白土の量 Amount of acid clay (%)	加熱温度 Temperature of heating (°C)	加熱時間 Hours of heating	粘度（レッドウッド粘度計による秒数）Viscosity (seconds by Redwood viscosimeter) 38°C	99°C	粘度指数 Viscosity index	沃素価 Iodine value	酸価 Acid value
1	2	170	1	119	42	155.1	169.9	1.55
2	2	170	4	127	42.5	151.6	168.7	2.17
3	2	170	5	148	45.0	150.1	165.7	2.23
4	2	170	2	164	53.5	166.2	155.6	
5	5	170	1.5	169	58	168.7		
6	5	170	6	183	62	168.8		
7	2	170	3	184	63	167.3		6.95
8	5	170	20	195	53	155.4		
9	2	170	10	242	53.4	139.6	138.2	5.00
10	2	170	20	358	64.5	137.9	132.7	5.79
11	2	200	5	613	83	130.4		
12	2	170	15	721	100	133.6	124.8	
13	2	170	10	906	120	132.6	112.4	4.29
14	2	170	43	4740	320		108.3	12.7

第 5 表 鰮油及び重合鰮油の性状

Table 5. Properties of saridine oil and the polymerized sardine oil.

試料 Sample		粘度（レッドウッド粘度計による秒数）Viscosity (seconds by Redwood viscosimeter) 38°C	99°C	粘度指数 Viscosity index
鰮油 Sardine oil		152.8	49.8	164.3
重合鰮油 Polymerized sardine oil	1	155.0	50.7	165.2
	2	170.0	51.7	161.1

指数を調べて見た。その結果を第 5 表に示す。

この場合の加熱温度は 170°C である。

第 5 表に示す如く単に鰮油の加熱により製した重合油の場合も重合の初期に於ては粘度指数が精製鰮油より僅かではあるが上昇することが認められた。従来の重合油の研究によれば重合が進むに従い，粘度指数は漸次低下するとされていたのは本研究の如き軽度の重合油についての観察を欠いたためであろう。

重合の或段階に於て粘度指数が上昇する事は，重合機構の上から考えて興味あることである。軽度重合油の栄養価が元の油に比して高いことがわかつているが，この栄養価が高い範囲の油は偶然ながら粘度指数の高い範囲であることは重合油の食用化の上に有利な点である。

(4) 重合による脂肪酸の変化

魚油を重合した場合，重合法によつて重合油の性状が異る事は上の実験に於て示したが，重合油を構成する脂肪酸も従つて相違があると考えられるので，これらの脂肪酸と原油の脂肪酸との性状の差を吟味することにした。重合油の脂肪酸の変化が明かにされれば，食用油として適当な脂肪酸の変化をおこさせる事も可能であり，又好ましからざる変化をさける事も出来る訳である。

a) 鰮油及び重合鰮油の混合脂肪酸メチルエステルの性状

重合油の脂肪酸と元の油の脂肪酸との性状の差を知るために精製鰮油* (I.V. 158.0) に触媒として酸性

* 精製鰮油 鰮油をアルカリ精製し脱水後酸性白土で脱色したもの。
I.V. 沃素価

白土を加えて重合油（I.V. 128.0）を製し，その重合油及び精製鰮油より夫々混合脂肪酸を採取しメチルエステルを造つた。それらの性状を第6表に示す。

これを減圧（3 mm）分溜し，各溜分の性状を比較した。その結果を第7表に示す。

第 6 表　鰮油及び重合鰮油の混合脂肪酸メチルエステルの性状
Table 6. Properties of methyl esters of mixed fatty acids of sardine oil and the polymerized sardine oil.

試料 Sample	沃素価 Iodine value	鹼化価 Saponification value	屈折率 Refractive index (N_D^{40})
鰮油 Sardine oil	150.2	208.0	1.4456
重合鰮油 Polymerized sardine oil	104.2	197.0	1.4500

第 7 表　鰮油及び重合鰮油の混合脂肪酸メチルエステルの分別蒸溜
Table 7. Fractional distillation of methyl esters of mixed fatty acids of sardine oil and the polymerized sardine oil.

各溜分及び蒸溜残渣 Fraction and residue	沸点 Boiling point (°C)	鰮油の混合脂肪酸メチルエステル Methyl esters of mixed fatty acids of sardine oil				重合鰮油の混合脂肪酸メチルエステル Methyl esters of mixed fatty acids of polymerized sardine oil			
		収量 Yield (%)	沃素価 Iodine value	鹼化価 Saponification value	屈折率 Refractive index (N_D^{40})	収量 Yield (%)	沃素価 Iodine value	鹼化価 Saponification value	屈折率 Refractive index (N_D^{40})
1	45—130	4.3	61.4	256.2	1.4320	3.1	55.5	250.5	1.4316
2	130—140	8.6	64.6		1.4341	4.6	64.0		1.4320
3	140—150	14.4	80.2		1.4345	4.9	69.0		1.4336
4	150—160	9.6	104.8	247.6	1.4373	19.4	78.4	246.8	1.4377
5	160—170	9.9	138.0		1.4439	11.9	121.5		1.4424
6	170—180	13.1	158.9		1.4483	11.8	148.7		1.4455
7	180—190	10.7	178.4	226.7	1.4547	9.2	178.3	210.2	1.4520
8	190—200	16.3	192.3		1.4572	15.4	186.1		1.4560
9	200-	3.9	203.9	209.8	1.4591	1.3	173.4	193.0	1.4590
残渣 Residue		9.6	106.2	171.9		18.4	103.5	175.0	

重合油の混合脂肪酸のメチルエステルの各分溜はそれに相当せる鰮油の混合脂肪酸メチルエステルの溜分に比し，何れも沃素価，鹼化価は低く，蒸溜残渣の重量は重合混合脂肪酸メチルエステルの方が多い。

b）重合条件を異にした重合油の混合脂肪酸メチルエステルの性状

重合が同程度（沃素価を規準として）の場合に於ても酸性白土を触媒として造つた重合油は無水塩化アルミニウムを触媒として造つた重合油よりも栄養価が優つているが*，この重合法の差によつて重合油の栄養価が異ることは夫々の重合脂肪酸の性状が著しく違うことを想像せしめる。この差異を知るためにこれ等二種の触媒を用いて重合油を製し，これらの重合油及び精製鰮油を原料として，夫々混合脂肪酸を採取しメチルエステルを造つた。各メチルエステル 100 g を略同様の条件で減圧（5 mm）分溜を行い，夫々4つの溜分及び蒸溜残渣を得，これらに就き性状を調べた。その結果を第8表に示す。

第8表に於て精製鰮油（I.V. 153.2）の混合脂肪酸メチルエステルを A エステル，精製鰮油に触媒と

* このことは既に日本水産学会誌 17.6, 173.（1952）に報告してある。

して酸性白土2％を加え CO^2 気中で 180°C で加熱して得た重合油（I. V. 121.0）の混合脂肪酸メチルエステルを B エステル，触媒として無水塩化アルミニウム 2％を加え CO_2気中で 70°C で 1.5 時間加熱後酸性白土を加え 200°C で 2 時間脱塩素を行つた重合油（I. V. 122.4）の混合脂肪酸メチルエステルを C エステルと名付く。

メチルエステルの蒸溜物の溜出が殆ど終り尚加熱を続ければ温度の上昇に伴い蒸溜フラスコ中の内容は分解を始め，白煙を発するに到る。この時加熱を止め，蒸溜フラスコ中に残留したものを蒸溜残渣とする。

B 及び C エステルの蒸溜残渣は A エステルのそれに比し著しく多い。A エステルは特に重合操作を加えたものではないが，7.5％ の蒸溜残渣を生じた。この残渣は減圧分溜中加熱により生じたものか，或は原料鰮油貯蔵中に重合して生じたものかは，この実験の範囲では判定出来ない。

B，C エステルの蒸溜残渣中にも A エステルの蒸溜残渣に相当するものが混在することは考え得るが，B，C エステルの蒸溜残渣の量は A エステルの蒸溜残渣の量に比して多い。

溜分の沃素価は A エステルに比し，B，C エステルの方が低いのは第 7 表の場合と同様である。各溜分及び蒸溜残渣について，ベンゾールを溶媒とした氷点降下法で平均分子量を測定した。B，C エステルの各溜分の平均分子量は，それに相当せる A エステルの平均分子量と略等しく，蒸溜残渣の平均分子量は B，C エステルでは夫々 A エステルの約2倍を示している。

蒸溜残渣の量は B エステルの方が C エステルに比して多いが平均分子量は逆に C エステルの方が多い。B エステルが C エステルに比して栄養価が高いのは主にこゝに得られた蒸溜残渣の構造の差或は分子量の差が影響を与えているにちがいない。構造が如何に違うかは次報の高度不飽和酸の研究においてふれることにする。

C） 重合度を異にした重合油の混合脂肪酸メチルエステルの性状

重合度を異にした重合油の混合脂肪酸メチルエステルの性状を知るために次の実験を行つた。

即ち酸性白土を触媒として重合程度の異つた二種の油の混合脂肪酸メチルエステルと鰮油の混合脂肪酸メチルエステルを造り，各エステル 50 g を略同様の条件で減圧（1 mm）蒸溜を行いその性状を調べた。試料に用いた精製鰮油（I. V. 142.7）の混合脂肪酸メチルエステルを A′ エステル，精製鰮油に触媒として酸性白土2％を加え CO_2 気中で 180°C で加熱した重合油（I. V. 110.5）の混合脂肪酸メチルエステルを B′ エステル，更に加熱を続けて重合を進めた重合油（I. V. 78.3）の混合脂肪酸メチルエステルを B″ エステルと名付ける。蒸溜残渣の有機溶剤に対する溶解度は各溜分の溶解度に比し著しく低い。蒸溜残渣の性状を検する為 90％アセトンを加え加熱し可溶部と不溶部とに分けた。但し B′ エステルの蒸溜残渣は 90％ アセトンに全部溶解したので 70％アセトンより可溶部と不溶部とに分けた。その性状を第9表に示す。

第9表による蒸溜残渣の平均分子量は Rast 氏法により測定したもので，B′ エステルのアセトン不溶部の平均分子量は A′ エステルのそれの約2倍を示し，B″ エステルアセトン不溶部の平均分子量は約3倍を示している。即ち重合の進むに従つて蒸溜残渣の収量は増加し，この部のアセトン不溶部の平均分子量は増加する。

重合油の重合生成物の性状を知るためには今後更にこれらアセトン不溶，可溶の部について詳細に研究する必要がある。

d） 混合脂肪酸を重合した場合のメチルエステルの性状について

グリセライドを或る重合法で重合させた場合の脂肪酸の変化とグリセライドの混合脂肪酸を同様な条件で同程度まで重合させた場合では，必ずしも生成せる脂肪酸の性状は同様であるとは限らない。その差異を知る為に次の実験を行つた。

精製鰮油の混合脂肪酸（I. V. 172）を採取しそれに酸性白土2％を加え，180°C で加熱重合させて I. V. 116.9 の重合物を造つた。これをメチルエステルとなしその 10 g を減圧（5 mm）蒸溜を行い溜出物と蒸溜

残渣に分け，蒸溜残渣に3倍量の 90% アセトンを加え加熱し可溶部と不溶部とに分けた。それらの性状を第 10 表に示す。

第 10 表の重合混合脂肪酸エステルを第9表の B′ エステルと比較すれば略同じ沃素価を示すに係わらず混合脂肪酸を重合したもののメチルエステルの蒸溜残渣の収量は B′ エステルのそれに比し著しく低い。

混合脂肪酸を重合して得られたエステルの蒸溜残渣のアセトン不溶部は Camphor に難溶で Rast 氏法による平均分子量の測定は困難である。第8表，第9表に示すエステルの蒸溜残渣のアセトン不溶部は斯かることがない。又アセトン可溶部の平均分子量は第9表の B′ エステルのアセトン可溶部の平均分子量に比して著しく低い。即ち鰮油の混合脂肪酸の重合物は同程度の沃素価まで重合させた鰮油の混合脂肪酸と著しく性状が異つた生成物を得られるがその理由については今後の研究に待つ。

e) 重合油の固体酸，液体酸及びエーテル不溶性臭化物について

メチルエステルの減圧分溜によつて各溜分の性状をしらべる方法は，蒸溜中の高温加熱による変化が考えられるので，重合油の混合脂肪酸の性状と重合前の試料油の混合脂肪酸の性状の差異をそれらの油の混合脂肪酸の固体酸，液体酸及びエーテル不溶性臭化物について調べることにした。

先ず重合が相当進んだ油について固体酸，液体酸及びエーテル不溶性臭化物を定量した。即ち精製鰮油とそれに酸性白土2%を加え CO_2 気中で 180°C で加熱して重合油 (I. V. 78.3) を造り，この二種の油の混合脂肪酸につき鉛塩アルコール法で固体酸と液体酸を定量し，又エーテル不溶性臭化物の収量を定量した。それらの結果を第 11 表に示す。

この程度まで重合の進んだ油ではエーテル不溶性臭化物を殆ど析出せず，重合によつて固体酸の量が増加している事が分るが，これよりも重合が軽度の重合油に於て固体酸，液体酸の量の割合の変化は極く僅かであろう。

従来魚油の重合に関する研究は単に加熱して高度に重合せしめた試料に関するものが多いが，魚油の食用化という観点からみると軽度重合油は，単に強熱した油よりも酸性白土を触媒とし，或は空気を吹込みつゝ加熱して造つた油の方が臭味共に良好であるのでこれらの方法により重合油を製してその重合油の脂肪酸の性状を検した。

試料油としてはアブラガレイ油，鰮油，アブラザメ肝油をアルカリ精製後酸性白土処理したものを用いた。これら試料油の沃素価と混合脂肪酸のエーテル不溶性臭化物の収量は第 12 表の如くである。

これらの試料油に触媒として酸性白土 1% を加え 140°C 及び 180°C の温度で CO_2 を導入しつゝ，重合油を製した。それらの重合油の沃素価と重合油より得た混合脂肪酸のエーテル不溶性臭化物の収量を第13表に示す。

第 13 表に示す如くこの程度の重合度に於ては何れの魚油にしても混合脂肪酸のエーテル不溶性臭化物の減少は極く僅かである。

次にアブラガレイ油に各種の温度で空気を吹込んで酸化，重合させて造つた酸化重合油の沃素価と混合脂肪酸よりのエーテル不溶性臭化物の収量を第 14 表に示す。

第 14 表に示す様に酸化重合油の混合脂肪酸のエーテル不溶性臭化物の収量は，重合の進行と共に明かに減少するが，エーテル不溶性臭化物を完全に消失せしめる事は相当強度に酸化，重合を進めなければならない。

次に精製鰮油 (I. V. 142.7) を用い酸性白土2%を加え 150°C で 6.5 時間重合させ，I. V. 85.9 迄低下した油を造り，その混合脂肪酸臭化物の性状を調べた。即ちエーテル不溶性臭化物よりベンゾール不溶物を採取し，氷醋酸と亜鉛とを用い脱臭素を行つた。脱臭素により得た不飽和酸の沃素価，平均分子量（ベンゾールによる氷点降下法）及び中和価を測定した。それらの結果を第 15 表に示す。

第 15 表にみる如く，重合によりベンゾール不溶性臭化物の収量は減少するが，更にそれを亜鉛と氷醋酸で脱臭素して得た不飽和酸は原料精製油のベンゾール不溶性臭化物より得た不飽和酸の沃素価及び平均分子

量と較べると差がある。即ち原料精製油のベンゾール不溶性臭化物より得られた不飽和酸に比べ著しく平均分子量は多く，沃素価は低い。即ちある程度重合した高度不飽和酸も未変化の高度不飽和酸と同様にベンゾール不溶性臭化物を与える。従来は高度不飽和酸の減少，消失をもつて目安としたが，これらの収量はそれ程変らなくても高度不飽和酸の性状はかなり変化していることはこの実験の結果から明かである。

軽度重合による高度不飽和酸の変化は単にエーテル或はベンゾール不溶性臭化物の収量を以て示すのでは不充分で，高度不飽和酸部の性質を吟味しなければならない。

（5） 魚油の加熱による不鹼化物含量の変化

魚油を強熱すると，魚油中の不鹼化物の含量が増すことは以前から知られているが，軽度の重合に於てどの程度変化するかを確めることにした。不鹼化物の含量が甚しく増すことは栄養価の点からも望ましくない。

試料としてウサギザメ（*Chimaera barboui*），アブラザメ（*Squalus suckleyi*）の肝油及びヘラツノザメ（*Deania eglantina*）の肝油を用い，夫々三口フラスコに入れ CO_2 を通じつゝ静かに攪拌し，250°C で加熱重合せしめ，又酸性白土2％を添加し 140°C 及び 170°C で加熱重合せしめ，原料油及び各重合油より夫々不鹼化物を定量し更に不鹼化物中の炭化水素を定量した*。それらの結果を第 16 表に示す。

不鹼化物中に炭化水素を殆ど含まぬウサギザメ及びアブラザメ肝油の場合は加熱重合により不鹼化物を極く僅か増加し，炭化水素も亦極く僅か増加した。酸性白土を添加して加熱した場合は，加熱のみの場合よりも炭化水素の生成はやゝ多く認められた。沃素価 10～20 の低下の軽度重合油に於ても不鹼化物の量及び炭化水素の量がふえる。酸性白土は重合触媒としてのみならず分解触媒として作用するため，単に加熱のみの場合に比し炭化水素の生成率が高いのであろう。併し食用を目的とした酸化重合油の場合の如き軽度のものにあつては不鹼化物（特に炭化水素）の増加は極めて微量であつて殆ど問題としないでよい。

（6） 魚油の重合による着色について

魚油を加熱し重合させれば，重合が進むに従い着色する。この着色の程度は重合の条件により異るが，著者等はアブラガレイ油，アブラザメ肝油，鰮油の三種について，酸性白土を触媒として重合した油と高温に於て空気を吹込み酸化，重合した油の色調をロビボンド色調計で測定した。その結果を第 17 表に示す。

第 17 表によるとアブラガレイ油については酸性白土を触媒とした場合，加熱温度 180°C 以下は赤の色調は殆ど変化しないが，黄の色調は重合温度が上るに従つて僅かに濃くなる。空気を吹込んで酸化，重合した場合は著しく色調が濃くなる。

アブラザメ肝油については，酸性白土を触媒とした場合重合温度 180°C 以下では赤の色調はアブラガレイ油と同様に殆ど変化しないが，黄の色調は重合の進むに従つて徐々に濃くなる。

鰮油については酸性白土を触媒とした場合，重合温度 140°C で4時間までは殆ど色調は増加しないが，重合温度が 180°C では赤黄の色調共に著しく増加する。

食用油としては，淡色の重合油が好ましいので吸着剤の効果を知る為次の実験を行つた。実験に使用した試料油は次の二種である。

試料油 Ⅰ． 鰮油をアルカリ精製したもの。

試料油 Ⅱ． 鰮油をアルカリ精製後，酸性白土を用いて繰返し脱色を行つたもの。

この二種の試料油の色調を第 18 表に示す。

二種の試料油に夫々酸性白土2％を加え CO_2 を導入しつゝ攪拌し，180°C で加熱して重合油を製しその色調を比較した。その結果を第 19 表に示す。

第 19 表の結果を図示すれば第4図の如くになる。

第4図に見る如く試料油Ⅱは重合に依り色調は殆ど濃くならない。即ち最初に油を充分吸着剤で処理して

---

* 炭化水素の定量法は東，金子，杉井　日本水産学会誌第 18 巻9号昭和 28 年 397 頁記載の方法による。

置けば，魚油は重合に依り着色する事が僅少である。重合に依る着色程度は重合条件，重合の程度により夫々異るがいずれの場合に於ても重合すべき油を予め吸着剤で処理し脱色して置けば然らざる場合よりも淡色の重合油が得られる。

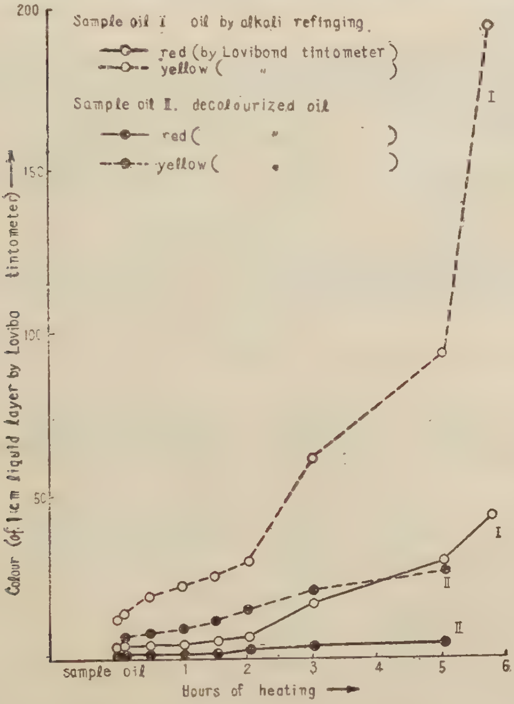


Fig. 4 Colour of polymerized sardine oil by different refining.

精製を異にした鰮油の重合に依る着色の度合

次に第 19 表に於ける試料油 I の加熱時間 345 分の重合油に酸性白土を加え，その脱色を試みた。その結果を第 20 表に示す。

第 20 表 重合油の色調

Table 20. Colour of polymerized oil.

	ロビボンド比色計による液層 1 cm の色調 Colour of 1 cm liquid layer by Lovibond tintometer	
	red	yellow
試料油 Sample oil	43.0	196.0
酸性白土により脱色した油 Decolourized oil by acid clay	43.0	175.0

この表に示す如く濃厚に着色した重合油の酸性白土による脱色効果は殆どなかつた。脱色剤としては酸性白土のみならず活性炭，酸化アルミニウム等を用いて重合油の脱色を試みたが何れも著しい脱色効果を示さなかつた。即ち淡色の重合油を作るには重合すべき油を予め吸着剤で充分脱色精製して置く必要がある。これは吸着剤により油中のクロモーゲンが吸着除去されるか，油中の何らかの着色促進因子が吸着除去されるためであろうがこの点に関しては今後の研究に俟つ次第である。

(7) **水産動物油より酸化，重合の操作により食用油の試製**

以上の酸化重合に関する実験で，食用油を目的とした加工法としては次の事を満足する操作が必要であると考える。

(i) 重合油の粘度はレッドウッドの粘度計で計り 38°C に於て 300 秒以内であること。

(ii) 沃素価の低下に対し粘度の増加が大でないこと。

(iii) 重合生成物中に甚しく高分子の重合体を生成しないこと。

(iv) 酸化重合に先立ち予め油を充分精製脱色しておくこと。

(v) 魚油臭の消失する迄酸化重合を行つた後新に生じた不快な臭味を除去すること。

この様な事柄を満足する操作として，差当り重合触媒として酸性白土の如きものが適して居り，重合操作に適当の酸化法を併用することも考えられる。かゝることから著者等は水産動物油より食用油を製造する方法として次の如き方法を採ることにした。即ち

(i) 原油を精製脱色後，酸性白土を適量加え 150～160°C で適当時間加熱後，白土を濾別する。次にこの油をアルカリ処理してから減圧下に蒸気を吹込み脱臭する。

(ii) 原油を精製脱色後，酸性白土を添加後約 150°C で空気を吹込みつゝ，所期の程度迄沃素価を低下

せしめ，次にこれを濾別して，この濾過油をアルカリ処理する。斯くして得られた油を減圧下に蒸気を吹込み脱臭する。

これらの方法により水産動物油に就て実施した例を次に示す：

（例 1） 精製脱色を行つたアブラガレイ油に酸性白土2％を加え空気を吹込みつゝ 140～150°C に加熱して原料油の沃素価を 5～10％低下し粘度を 20％程度増加せしめる。次にこれを濾過した後アルカリ処理を行い水洗後遠心分離にかけ，このものを脱臭罐に入れて 160°C に於て加熱蒸気を吹込み減圧脱臭する。

斯くして得られたアブラガレイの酸化，重合油は魚油臭味殆どなく，常温に於て数週間放置しても殆ど魚油臭味を発することがなかつた。

略同様な操作により鯨油，サメ肝油類を用い食用油を製造したが，同様食用に適する油が得られた。

この場合原料水産動物油に，若干の植物油例えば大豆油を加えて酸化重合を行えば，更に製品が良好になる傾向がみられた。

（例 2） 例 1 の操作に於て空気を吹込まずに加熱して同様の操作により製品を造つたが，例 1 の場合の方が良好であつた。

（例 3） 高度不飽和酸を多量に含む鰮油を原料として酸性白土5％を加え 170°C で5時間加熱して，沃素価を 20～40％低下し，粘度を 20～30％程度増加せしめ重合油を製した。これに生石灰2％を加えて濾過した後脱臭を行い製品を得た。

得られた重合油は魚油臭味は消失するが，重合によつて新に生じた臭味は完全に除去する事が出来ない。鰮油の他，イカ油，スケソー肝油等魚油臭味が強い高度不飽和酸の多い油に就て行つた場合もこの例と同様完全に魚油臭味を除去する事は困難で油の着色も著しい。これらの沃素価の高い魚油はこゝに述べた如き酸化，重合により食用油に適する油は得がたいが，これらの油はむしろ他の用途に振向けた方が良い。

佐々木氏は水産動物油に酸性に於て空気を吹込み酸化した油を湯洗精製する方法を考案され，風味良好な且つ安定な食用油を得られたが[5]，著者等の方法によつても適当な酸化，重合条件を定めれば良好な食用油が得られる。

考　　察

水産動物油を酸化，重合して食用油とする場合，原料として沃素価の著しく高いもの或は不鹸化物含量の多いものは不適当であるが，その他のものであれば差し支えない。水産動物油を食用油とするには，水産動物油の不快な臭味を除き使用後或は貯蔵中にも魚油臭が再発しない様な油をつくれば良い。その為には魚油臭の成分を分離すること及び魚油臭を発生する本体の構造を変えることが必要である。

魚油臭を単に分離するだけならば従来知られている油脂の精製脱臭法によつて相当効果がある。これらの精製脱臭法によれば，水産動物油は精製脱臭直後には一応不快な臭は殆ど除去されるが，得られた油は不安定で貯蔵中或は使用後間もなく不快な魚油臭を再発する。水産動物油を食用油として広く用うる為には単なる魚油臭の分離除去だけでは目的を達しない。

原料水産動物油中に既に存在する悪臭物を除去すると共に水産動物油成分の本体の安定化を図らなくてはならない。水産動物油を安定な油に変える方法としては硬化法或は高度の酸化，重合法が従来行われているが，適当な条件を選べば軽度の酸化，重合によつても水産動物油を安定な油になし得る事は実験の部の（1）及び（7）の結果からも考えられる。

実験の部（1）及び（2）の軽度重合油の魚油臭が殆ど感知出来ない原因は，（i）重合の際の高温処理のために魚油臭成分が逸散した為，（ii）新に生じた異臭により魚油臭が感知出来ないため，（iii）構成成分が変化したため等が考えられる。

実験の部（1）に於て述べた如き方法で造つた重合油を脱臭後永く放置しても魚油臭は再発しないか或は再

発し難い。かゝる点よりして実験の部 (1) 及び (2) の魚油臭の変化の原因は (i), (ii) による事もあろうが，魚油臭が相当期間再発しない点から考えて (iii) の原因によるものが軽度の酸化，重合に於ても起り得る事が考えられる。

水産動物油成分の変化にもとづく魚油臭を発生する本体の消失の原因については (i) 酸化,重合による水産動物油成分の不飽和度の減少, (ii) 二重結合の位置移動, (iii) 其の他の構造上の変化が考えられる。

(i) の不飽和度の減少は重合，分子内環化，或は二重結合にあるものが添加し，若くは，分解が起る等の変化が考えられる。

或程度重合の進んだ油に於て，変化を受けた高度不飽和酸は，未変化の高度不飽和酸同様，エーテル及びベンゾール不溶性多臭化物を生ずる（実験の部 (4) (c) 参照）が軽度重合油に於てもかゝる傾向があることは想像に難くない。軽度重合油に於ては沃素価の低下は僅かであり，多臭化物の収量も殆ど変化がないが，かゝる軽微な変化に於てはその不飽和度の低下は，主として高度不飽和酸部分に起ることは，高度不飽和酸の不安定さからも当然考えられる。

(ii) の二重結合の移動は従来リノレン酸を高温で Fuller's Earth を触媒として加熱した場合おこることが知られているが[6]，酸性白土を触媒とした場合に於ても同様な反応が起り得る。酸性白土を触媒として用いた軽度重合油の粘度，平均分子量が元の油に比して大した違いはないにもかゝわらず，臭が改善せられ，空気中に放置しても魚油臭が再発しにくくなる事は，この場合酸性白土が分解触媒として働く以外に二重結合の位置の移動がおこり，そのために酸化によつて，魚油臭味が生じなくなると考えることも出来る。どのように二重結合の移動がおこるかは，今後吟味しなくてはならない。

(iii) の其の他の構造上の変化については，分解生成物が不飽和酸に二次的に反応したり，変化した不飽和酸同志が重合したり，或は変化した不飽和酸が未変化の不飽和酸と重合したりする事等が考えられる。

実験の部 (4) 中 (b) の酸性白土及び無水塩化アルミニウムを触媒として用いた重合油に示す如く，同程度の沃素価の低下を示す重合油でも酸性白土を触媒として用いた場合に於ては無水塩化アルミニウムを触媒として用いた重合油に比し混合脂肪酸のメチルエステルの蒸溜残渣の量は多く，平均分子量が小さい事から酸化，重合条件が異れば生成物が異ることがわかる。酸性白土を触媒とした様な型の重合油は無水塩化アルミニウムを触媒とした様な型の重合油より食味良好で栄養価が高い。

今後の研究課題としては，水産動物油を構成している不飽和脂肪酸について条件を異にした酸化，重合による生成物の性質，構造を更に吟味することで，斯様な研究が進めば水産動物油の食用化を進展させることも出来るし，又水産動物油の用途を更に拡大せしめ，且つ又水産製品の品質を向上せしめ得ると思う。

摘　　要

食用油製造を目的として，水産動物油の酸化，重合に関する研究を行い次の結果を得た。

1.　同一の水産動物油より，同程度に沃素価が低下する迄酸化，重合させた場合でも，酸化，重合の条件が異れば生成油の性質は著しく異る。適当な条件で行えば，軽度の酸化，重合によつても，水産動物油の不快な臭味は大部分除去され且つ魚油臭の再発し難い安定な油が得られる。

2.　食用に適する重合油は甚しく高分子の重合体が存在しないか又は少いもの，例えば酸性白土を触媒として得られる様な重合油が望ましく，無水塩化アルミニウムを触媒として得られる様な重合油は好ましくない。

3.　水産動物油は酸化，重合により著しく着色することがあるが，酸化，重合により着色した油の脱色は，従来一般に行われている吸着剤処理では効果が尠い。酸化，重合油の着色を避けるには予め使用油を吸着剤により充分脱色して置く必要がある。

以上の結果から適当な条件で酸化，重合せしめれば水産動物油より食味良好で安定な而も栄養価の高い油

を製造し得ると主張した。

終りに本実験を行うに当り熱心に協力された故西馬場正毅氏，島村元已氏に厚く謝意を表する。

文　　献

1) K. TÄUFEL ; *Fette und Seifen* **53**, 11, (1952).
Hans WERNER ; *Fette und Seifen* **52**, 3, (1951).

2) B. E. BAILEY ; Marine oil, published by the Fisheries Research Board of Canada. page 274, (1952).

3) BEHR, O. M. C. SLIGER, E. T. MCLEAN and C. SMITH ; *Paint, Oil Chem. Rev.*, 11, (1937).

4) 石川；工化，昭和 14. 42, (1939).

5) 佐々木，大武；魚油の脱臭方法に関する研究　昭和 24.3 (1949).

6) J. H. MRRCHELL and H. R. KRAYBILL ; *J. Am. Chem. Soc.* **64**, (1942).

食品の鮮度測定法に関する研究―Ⅶ. 蒲鉾の鮮度の一新簡易測定法*

富山哲夫・米　康夫・菅原憲典
（九州大学農学部水産化学第一教室）

Studies on the Method for Testing the Spoilage of Food――Ⅶ. A New Rapid Method for Determining Freshness of "Kamaboko"

Tetuo TOMIYAMA, Yasuo YONE and Norisuke SUGAWARA

Taking into account facts that the catalase activity of the washing of the surface was far greater than that of the inner part and became nil on boiling for five minutes, it is clear that the activity originates from micro-organisms developed over the surface. So, the catalase activity at any suface of "Kamaboko" will give an index for degree of loading with microorganisms.

The present data show that the freshness of "Kamaboko" can definitely be estimated by the action of the catalase activity determined on a 5 cc portion of washing of its surface with 250 cc water using a tooth brush. A mancmetric procedure has been described.

Ⅰ　緒　　　言

富山及び米は第6報[1]に於て，蒲鉾の鮮度測定には揮発塩基及び揮発酸の値は信頼性に乏しいことを明かにし，他方鮮度低下中に於ける蒲鉾表面のカタラーゼ作用力の変化は官能検査成績とよく平行することを報告した。依て不均一な表面のカタラーゼ作用力の測定法が適当に改良できれば，簡易測定法としては従来のどの方法よりも優るであろうと考えて本研究に着手した。種々吟味を行つた結果，予想通りに迅速で簡易な一新測定法を決定できたので，以下その詳細を報告する。

Ⅱ　簡易鮮度測定法

A.　試薬及び装置：1）3％過酸化水素水。2）検圧計式カタラーゼ測定装置[2]。3）歯ブラッシ。

B.　方　法：歯ブラッシを用い蒲鉾表面を 250 cc の蒸溜水或いは水道水によつて充分に洗滌する。この洗液をよく混和した後，その 5 cc を測定装置の主室にとり，他方 3％過酸化水素水 5 cc を側室に加える。次に検圧計並びに側室の活栓をはめ，活栓を廻して穴を合せ内外の圧力を平衡させる。次で活栓を廻して気密とし，装置を傾けて側室の過酸化水素水を主室の洗液に混和し，緩やかに5分間振盪した後，検圧計の両水銀柱の差を読む。この差が 50 mm Hg 以下であれば，食品として安全と見做す。

Ⅲ　実験結果及び考察

1.　カタラーゼ測定用試料採取法の吟味

前報においては径 1 cm の円形の蒲鉾表面についてカタラーゼ作用力を測定したので，個体或いは部位による差が大きかつた。もし全表面より試料を調製すればこの差異は現われない筈であるから，表面を適当に掻きとるか或いは水洗する方法が先ず考えられる。著者等はブラッシを用いて 50 cc の水で充分に表面を洗

1953 年 3 月 30 日受理（印刷費負担）.　* 九州大学農学部水産学教室業績

滌し，その洗液 5cc についてカタラーゼ測定を試みた。この場合に注意されたことは，外面が微生物で汚染されるに従つて肉片が洗液に混入して不均一となつた。依て均一な試料をえるために濾過した後，作用力を検したところ多数の試料についてみると，懸濁液に比し 9～37% 低値を示した。即ち微生物は大部分肉片に膠着しているものと思われるので，測定には懸濁液を用うべきである。

Table 1. The removal of catalase activity from the surface by washing with different kinds of brush and by repeating washing.

Kinds of brush & dilution / No. of washing	Gummy brush			Haired brush		
	No dil.	1/5 dil.	1/10 dil.	No dil.	1/5 dil.	1/10 dil.
1 st Washing	485*	97	47	515*	103	49
2 nd Washing	51	26		21	11	
3 rd Washing	9.0			2.0		

* calculated from a value obtained on a sample 1/5 diluted.

また歯ブラッシの種類により或いは洗滌の回数によつて洗液の作用力が如何に変動するかを検討した結果は Table 1 に示すように，ゴムブラッシの場合には第2回及び第3回洗液は第1回洗液のそれぞれ 10.5% および 1.9%であり，毛のブラッシの場合にはそれぞれ 4.1% 及び 0.4% であつた。従つて毛のブラッシを用うれば，一回の洗液で表面のカタラーゼ作用力を殆ど完全に除去できることが明かとなつた。

2. 洗液の稀釈によるカタラーゼ作用力の変化

蒲鉾全表面を水 50cc により洗滌した液 5cc を作用力測定に用うると，外観の変化が明かに認められる頃には作用力は 200 mm Hg 以上となり，屢々検圧計が摺り合せを離れるために測定不能となつた。従つてこのような場合には洗滌原液を更に稀釈して作用力をみるか，或いは更に多量の水で洗滌した液の作用力を測定せねばならない。それ故に定量法としてはどの操作がよいかについて吟味を行つた。

洗液を稀釈することによつてカタラーゼ作用力がどの程度減少するかを Table 2 及び 3 に示した値から検討すると，概ね比例関係が認められる。しかし本法を実地に応用する場合には，稀釈操作は煩雑であるから，最初から多量の水を使用することを試みた。その結果によると，カタラーゼ作用力 183 mm Hg の原液を 1/5 及び 1/10 に稀釈した時の値はそれぞれ 36 及び 17 であつたのに対し，最初から 250cc および 500cc の蒸溜水を使用してえた洗液はそれぞれ 36 及び 18 を示した。次に多量の水で洗滌するのは，現場測定では多量の蒸溜水を要するので，水道水を用いてみた結果では，蒸溜水による 1/5 及び 1/10 稀釈の場合，それぞれ 47 及び 21 のものが，水道水を用うるとそれぞれ 48 及び 21 を示した。以上の吟味の結果から定量法としては，250cc の水により歯ブラッシを用いて表面を充分に洗滌する方法を採用した。

3. 蒲鉾の鮮度低下とカタラーゼ作用力との関係

蒲鉾の全表面の洗液を用うることによつて表面の部位によるカタラーゼ作用力の差異をなくすことができたので，蒲鉾を一定温度の密閉罐に放置した場合に作用力が如何に変化するかを吟味してみた。即ち無糖板付蒲鉾を市販のまゝのもの，紫外線を1時間照射したもの及びセロハン包装後 10 分間蒸煮したものを 35°C. に放置した場合の表面，1cm 下層及び底層に於ける作用力を測定した結果は Table 2 の通りである。これをみると表面洗液の 1/10 稀釈液が示す作用力と鮮度低下とはよく比例している。またこの洗液を 5 分間煮沸することにより作用力は破壊されること，及び表面より 1cm 下層では作用力が本実験の放置時間の範囲では殆ど増加しなかつたことからみて，表面の作用力の由来は微生物以外にはないと考えられる。

こゝに興味多いことは Fig. 1 にみられるように，放置中の蒲鉾内部の作用力増加は殆ど認められないのに，板のすぐ上部には徐々に作用力が増加したことである。戸沢氏等[3]の結果即ち板を殺菌しても内部の変敗速度は変らなかつたことを是認すれば，上記の原因は板に接した外部の変敗が早いために下層の変敗が早く現われたためと考えざるをえない。この点は将来にまつとして，製造上注意を要することであろう。

Table 2. Relation between organoleptic changes and increase in catalase activity.

No. of sample	Catalase activity at 5-min.: Washed with 50 cc water	After boiling	1/10 diluted	Layer 1 cm below surface	Bottom layer	Neto**: All over surface	Scattering	Fungi	Decaying odor	Good, ○, or no, ×, as food
A 1)	3.0	1.0				—	—	—	—	○
B 1)	2.0					—	—	—	—	○
C 2)	>200*	3.0	135	0.5	40	++		—	+	×
D 2)	>200*	1.0	178	6.0	54	++		—	+	×
E 3)	>200*	3.0	94	—	—	++		—	+	×
F 4)	>200 †	2.0	18	5.0	14	—	+	—	±	?
G 4)	113	1.0	8.0	6.0	19	—	±	—	±	○
H 5)	46	2.0	5.0	2.0	8.0	—	±	—	—	○
I 5)	57	1.0	5.5	2.0	10	—	±	—	—	○

1): was incubated at 26°C. for 7 hrs.; 2)～5): were incubated at 35°C. for 19-24 hrs. after kept at 26°C. for 7 hrs. 2): covered with yellowish flora of bacteria. 3): yellowish flora developed only on surface not covered with cellophane. 4): yellowish flora developed only on side surface: samples F and G were irradiated by ultraviolet ray for 60 minutes at the start. 5): before incubation, samples H and I were entirely covered with cellophane, followed with steaming for ten minutes. * Values at 30-sec. reaction. † Values at 90-sec. reaction. ** Development of mucilagenous bacteria.

次に板付蒲鉾をそのまゝ 23°C. の密閉罐中に放置してカタラーゼ作用力の増加と揮発酸量との関係をみた結果は Fig. 1 の通りである。放置中の官能検査結果では，24時間目よりネトが発生し，腐敗臭が僅かに感ぜられ，30時間目には明かに腐敗臭があり，黄色細菌集落が出現し始めたので，この頃が初期腐敗とみなされた。この時期は作用力からみると，表面洗液の作用力が急激に増加し始めた時期であつた。しかしこの時期には揮発酸値が僅に 15～20 mg % 程度に過ぎなかつた事実は，明かに揮発酸定量用試料採取法及び鮮度低下の指標 60 mg % に再検討の必要を示唆する。

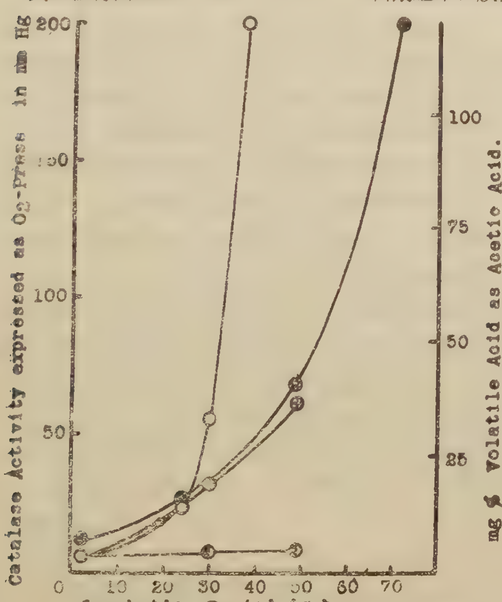


Fig. 1 Change in catalase activity of surface, inner part and bottom layer, and in volatile acid during the incubation. Surface, ○; inner part, ◐; bottom layer, ⊕. Volatile acid, ●.

更に鮮度判定の規準を求める参考として，鮮度低下の初期と作用力増加量との関係を検討してみた。すなわち無糖板付製品を密閉罐内に収容して 24°C に放置し，逐次，外観の変化及び作用力の変化について追跡し，Table 3 及び Fig. 2 に示すような結果をえた。これをみると 50 cc の水を用いた洗液の作用力が 200 mm Hg に達した頃より鮮度低下が始まり，1/5 稀釈のものが 50 mm 附近になつて，ネト及び黄色細菌が散見され，しかもこの値に達する少し前より作用力は急激に上昇して，典型的な自触媒反応の型を示した。また 21°C. に放置した同様の実験においても Fig. 2 に

Table. 3 Relation between initial stage of spoilage and value for catalase activity.

Time on incubation at 24°C.	Catalase activity at 5-min.					Neto **		Decay-odor	Good, ○, or no, ×, as food
	No dil.	1/5 dil.	1/10 dil.	Inner part	bottom part	All over surf.	Scattering		
0 hrs.	2.0	2.0	0.5	0	0.5			—	○
17.5	52	6.0	3.0	0	4.0			—	○
19.5	101	12	5.0					—	○
23	182	22	7.0					—	○
26	200	46	11				±	±	○
30	200*	91	34				+	±	?
32	200*	115	42				+	+	?
39		200	120	2.0	8.0	—	++	++	×
42			135			+++		+++	×

* Values at one minute-reaction. ** Development of mucilagenous bacteria.

示すように，同じ傾向が認められた。依てこの値を以て食品価値を失う限界と定めた。勿論この値は将来多数の試料について検討してから決定さるべきであるが暫定的に以上の結果を基にしてこの値を提唱する。

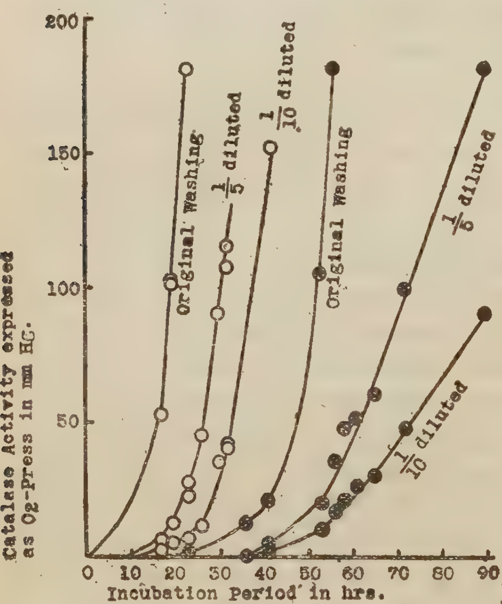


Fig. 2 Increase in catalase activity of surface of "Kamaboko" during the incubation. The activity at 24°C., ○; at 21°C., ●.

Ⅳ 総　　括

1. 蒲鉾表面のカタラーゼ作用力を測定するには，全表面を 250 cc の水で歯ブラッシを用い，充分洗滌してえられる懸濁液が適当である。一回の洗滌によつて表面の作用力を 96% 除くことができた。

2. 表面の洗液を煮沸すると作用力が消失したこと，また内部の洗液には殆ど作用力が認められないことから考えて，この作用力は明かに表面に繁殖した微生物に由来するものである。

3. 無糖板付蒲鉾を 24°C.，及び 21°C. の密閉器内に放置した場合，食品価値を失う点と表面洗液の作用力の急昇点とは一致した。この点は洗液 5 cc の作用力が 50 mm Hg を示す時である。

本研究は厚生省の科学研究費（主任研究員佐々木林治郎教授）によつて支弁した。こゝに謝意を表する。

文　　献

1. 富山哲夫，米　康夫：日水会誌. 18, 521～524 (1953)
2. 富山哲夫，米　康夫：日水会誌.，16, 22～24 (1951).
3. 戸沢晴巳外5氏：水産研究所利用部・鮮度保持研究班連絡情報，No. 3, 22～29 (1952).

揮発酸の溜出比による鮮度判定法の研究–III*
揮発酸溜出状態の検討

浅川末三
(南海区水産研究所)

Studies on the Method of Determination for Freshness of Fish-flesh by "Distillation Ratio" of Volatile Acids in Steam Distillate—III. On the Investigation of the Distillating Situation of Volatile Acids

Suezo ASAKAWA

Steam disty situation of the volatile fatty acids and lactic acid in H_2SO_4 solution was examined, and their dist. speed, rate and the ratio were relatively with each other as follows:

1. In the same wt. according to higher number of carbon atom in v.f.a., the speed is more fast, the rate is larger and the ratio is smaller. But in the same acid increasing., at the C_1C_2-group the speed is more fast, the rate is larger and the ratio is greater, and yet at the C_3C_4-group they are the contrary.

2. Lactic acid in a few wt. is distilled by steam and according to increase in wt. the 2nd ratio (to the 1st fraction) is smaller, then approachs some number (130 ?) gradually.

3. The ratios are not affected by amount of the acids, but by their propotion.

Therefore that the 2nd ratio becomes a smaller number with spoilage of fish-flesh, is caused by the proportion of v.f.a in the flesh in which higher acids such as propionic and butyric acid increase than lower, formic and acetic acid.

I 緒言

魚肉を酸性下にて水蒸気蒸溜に附し，溜出液の初溜出区の酸度に対する次溜出区の酸度の%（溜出比と称す）が，魚肉鮮度の低下に従つて減少して行く事実を見，これを利用して鮮度判定が可能ではないかと第I報[1]にて述べ，水蒸気蒸溜装置及び蒸溜条件を吟味して第II報[2]に報告をした。これらの装置・条件によつて，魚肉に含まれる（或いは生成される）と考える揮発酸中脂肪属の C_1～C_4 酸及び多少は溜出される乳酸につき市販試薬を用い夫々の溜出状態を調べ溜出比と如何なる関係にあるかを検討した。

II 単一蒸溜

実験方法

0.001 M の場合—蟻酸（以下 FA と略すその他も同様）酢酸（AA）プロピオン酸（PA）n-酪酸（BA）の市販試薬をその儘使用し，5%H_2SO_4 100 cc 中に FA 4.6 mg, AA 6.0 mg, PA 7.2 mg, BA 8.8 mg を添加し夫々を 0.001 M に調製した4種の溶液につき前述の条件にて水蒸気蒸溜を行い溜出液を 50 cc 毎

1953 年4月 20日受理（印刷費負担）南海区水産研究所業績第 44 号

* 1952 年 11 月 14 日，日水学会中・四国支部大会（広島市）にて概要を発表した

に N/50 NaOH にて酸度を滴定し，酸が溜出されなくなるまで続けた。

1 mg 添加の場合―上記各酸を夫々 1 mg ずつ 5 %H_2SO_4 100 cc に添加した 4 種の溶液につき同様各溜出区の酸度を滴定した。

5 mg 添加の場合―各酸を夫々 5 mg ずつ添加した。但し FA 及び AA の溜出液は 500 cc にて打切つた。

15mg 添加の場合―各酸を夫々 15 mg ずつ添加した。但し FA 及び AA の溜出液は 500 cc にて打切つた。

乳酸添加の場合―脂肪属揮発酸の他に安息香酸，サルチル酸等も揮発酸として取扱えるが魚肉中に普遍的且つ比較的含量の多い乳酸（LA）につき蒸溜を行つた。即ち市販 50 %乳酸を使用し，1 cc 中に LA 100 mg を含む原液を作り，5 %H_2SO_4 100 cc にその 0.5 cc（LA 50 mg）1.0 cc（LA 100 mg）2.0 cc（LA 200 mg）を加え，溜出区 50 cc 毎に N/100 NaOH にて酸度を滴定した。但し溜出液は 200 cc にて打切つた。更に FA 等に対照する為に LA 100 mg，200 mg を添加し，酸度を N/50 NaOH にて滴定し溜出液 1,000 cc まで続行をした。

結果並びに考察

各揮発酸 0.001 M の場合の結果は Table 1 の通りである。但し滴定 cc は盲試験 cc を差し引いた数値にして，分溜 mg は N/50 NaOH 1 cc が夫々 FA 0.895 mg, AA 1.16 mg, PA 1.40 mg, BA 1.71 mg に相当する事より算出した各酸の量，分溜%は各溜出区に於ける各酸の回収率（四捨五入），溜出比は溜出液の 50 cc 区分に於ける初溜出区酸度に対する各溜出区酸度の%（四捨五入）例えば FA 添加の 100～150 cc の溜出比は $0.60 \div 0.88 \times 100 = 68.18 \fallingdotseq 68$ の如くである。合計は滴定 cc を合計してそれより算出した mg 及び%数値を示したので各区毎の数値の合計数とは四捨五入の関係にて多少異る場合もある。

さて各酸の回収状態は，FA は 550 cc にて約 77 %，AA は 450 cc にて約 83 %，PA は 350 cc にて約 90 %，BA は 350 cc にて約 96 %であつた。Virtanen, Pulkki 両氏[3] による蒸溜恒数 k は夫々 FA 0.370, AA 0.657, PA 1.239, BA 1.96 である事より低級酸程回収率が悪い事は予想された所であり又 A. O. A. C.[4] には条件は本実験と多少異るが AA 57±2%, PA81±2%, BA 92±% の回収率を記載している。一般に同属列の物質に於いて低沸点低級なもの程回収率が良好であるが脂肪酸は逆である。この事は衆知のものであるが本実験の如く低濃度の場合も之れが確認された。

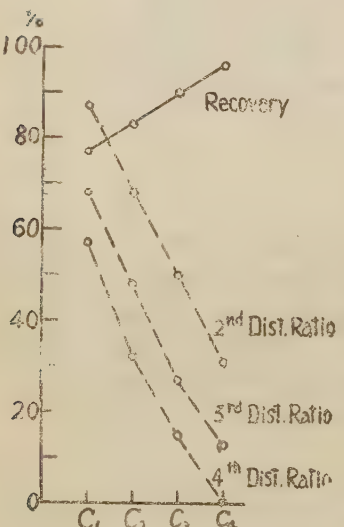


Fig. 1 Recovery and Dist. Ratio, when 0.001 MC_1～C_4 fatty acids are distilled with steam.

Table 1 の回収率を縦軸に，酸の C 数を横軸に取つてグラフを画くと Fig. 1 の実線を得る。これは直線であり，又同図に於いて縦軸を第 2，第 3，第 4 溜出比（溜出比中 50～100 cc を第 2，150～200 cc のを第 4 とする）に取り各酸を結ぶと破線を得る。然もこの第 2 溜出比を結んだ線は直線になり回収率と全くの逆相関をなしている。但し第 3，第 4 溜出比を結んだものは直線をなさない。尚 100 cc 区分にしたものの第 2 溜出比は 50 cc 区分の第 3 溜出比に殆んど一致して之れも直線関係でない。50 cc 区分の第 2 溜出比と回収率とが逆相関にある事は注意すべき点である。

更に Table 1 に算出してある各酸の分溜%を積算して縦軸に，溜出液量を横軸に回収曲線を示すと Fig. 2 になる。この回収曲線は Duclaux's Number を図示（Fig. 3）したものと同類であるが，前者は 0.001 M，後者は 0.1 N と酸濃度が異る以外に蒸溜条件が大いに異るから図その儘を比較する事は出来ないが，両図共溜出傾向を C_1, C_2 の群と C_3, C_4 の群に分けられる。即ち Fig. 2 にては C_1, C_2 は曲線が緩徐で C_3, C_4 は急激であり，Fig. 3 にては凹状と凸状である。この事は低級酸程溜出速度が遅く

Table 1. Steam distillation of volatile fatty acids concentrated 0.001 M for 5% H_2SO_4 Solution 100 cc.

Acids	Formic acid (4.6 mg./100 cc.)				Acetic acid (6.0 mg./100 cc.)				Propionic acid (7.2 mg./100 cc.)				Butyric acid (8.8 mg./100 cc.)			
Fraction	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio
cc. cc.																
0～50	0.88	0.79	17	100	1.41	1.64	27	100	2.29	3.21	45	100	3.21	5.49	62	100
50～100	0.76	0.68	15	86	0.96	1.11	19	68	1.15	1.61	22	50	1.00	1.71	19	31
100～150	0.60	0.54	12	68	0.68	0.79	13	48	0.62	0.87	12	27	0.42	0.72	8	13
150～200	0.50	0.45	10	57	0.45	0.52	9	32	0.34	0.48	7	15	0.16	0.27	3	5.0
200～250	0.37	0.33	7	42	0.30	0.35	6	21	0.14	0.20	3	6.1	0.08	0.14	2	2.5
250～300	0.29	0.26	6	33	0.20	0.23	4	14	0.07	0.10	1	3.1	0.04	0.07	1	1.2
300～350	0.20	0.18	4	23	0.13	0.15	3	9.2	0.04	0.06	1	1.8	0.02	0.03	0.3	0.6
350～400	0.16	0.14	3	18	0.08	0.09	2	5.7	0	0	0	0	0	0	0	0
400～450	0.12	0.11	2	14	0.04	0.05	1	2.8								
450～500	0.06	0.05	1	6.8	0	0	0	0								
500～550	0.02	0.02	0.4	2.3												
550～600	0	0	0	0												
Total	3.96	3.55	77		4.25	4.93	83		4.65	6.51	90		4.93	8.43	96	

Table 2. Steam distillation of volatile fatty acids 1 mg. in 5% H_2SO_4 100 cc.

Acids	Formic acid (1 mg./100 cc.)				Acetic acid (1 mg./100 cc.)				Propionic acid (1 mg./100 cc.)				Butyric acid (1 mg./100 cc.)			
Fraction	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio
cc. cc.																
0～50	0.18	0.16	16	100	0.24	0.28	28	100	0.38	0.53	53	100	0.39	0.67	67	100
50～100	0.15	0.13	13	83	0.14	0.16	16	58	0.20	0.28	28	53	0.13	0.22	22	33
100～150	0.13	0.11	11	72	0.08	0.09	9	33	0.10	0.14	14	26	0.06	0.10	10	15
150～200	0.10	0.09	9	56	0.04	0.05	5	17	0.02	0.03	3	5.3	0.01	0.02	2	2.6
200～250	0.06	0.05	5	34	0.02	0.02	2	8.2	0	0	0	0	0	0	0	0
250～300	0.04	0.04	4	22	0	0	0	0								
300～350	0.02	0.02	2	11												
350～400	0	0	0	0												
400～450																
450～500																
Total	0.68	0.596	60		0.52	0.603	60		0.70	0.98	98		0.59	1.009	100	

Table 3. Steam distillation of volatile fatty acids 5 mg. in 5% H_2SO_4 100 cc.

Acids	Formic acid (5 mg/100 cc.)				Acetic acid (5 mg./100 cc.)				Propionic acid (5 mg./100 cc.)				Butyric acid (5 mg./100 cc.)			
Fraction	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio
cc. cc.																
0～50	0.95	0.83	17	100	1.16	1.35	27	100	1.74	2.44	49	100	1.91	3.27	65	100
50～100	0.83	0.73	15	87	0.78	0.90	18	67	0.88	1.23	25	51	0.60	1.03	21	31
100～150	0.68	0.60	12	72	0.52	0.60	12	45	0.42	0.59	12	24	0.24	0.41	8	13
150～200	0.55	0.48	10	57	0.36	0.42	9	31	0.22	0.31	6	13	0.08	0.14	3	4.2
200～250	0.43	0.38	8	45	0.27	0.31	6	23	0.12	0.17	3	7.0	0.02	0.03	1	1.0
250～300	0.31	0.27	5	33	0.18	0.21	4	16	0.06	0.08	2	3.5	0	0	0	0
300～350	0.28	0.25	5	24	0.12	0.14	3	11	0.04	0.06	1	2.3				
350～400	0.19	0.17	3	20	0.06	0.07	1	5.2	0	0	0	0				
400～450	0.14	0.12	3	15	0.04	0.04	1	3.0								
450～500	0.07	0.06	1	7	0.02	0.02	0	1.5								
Total	4.43	3.89	78		3.49	4.05	81		3.48	4.88	97		2.85	4.88	98	

Table 4. Steam distillation of volatile fatty acids 15 mg. in 5% H_2SO_4 100 cc.

Acids	Formic acid (15 mg./100 cc.)				Acetic acid (15 mg./100 cc.)				Propionic acid (15 mg./100 cc.)				Butyric acid (15 mg./100 cc.)			
Fraction	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio
cc. cc.																
0～50	3.21	2.81	19	100	3.78	4.38	29	100	4.30	6.02	40	100	5.45	9.31	60	100
50～100	2.89	2.53	17	90	2.68	3.11	21	71	2.15	3.00	20	50	1.67	2.85	19	31
100～150	2.43	2.13	14	76	1.92	2.23	15	51	1.32	1.85	12	31	0.65	1.12	7	12
150～200	1.83	1.60	11	57	1.35	1.57	10	36	0.64	0.90	6	15	0.32	0.56	4	5.9
200～250	1.55	1.36	9	48	0.92	1.07	7	24	0.36	0.50	3	8.3	0.16	0.28	2	2.5
250～300	1.20	1.05	7	37	0.64	0.74	5	17	0.21	0.30	2	5.0	0.06	0.10	1	1.1
300～350	0.98	0.86	6	31	0.41	0.48	3	11	0.11	0.16	1	2.7	0.02	0.04	0.3	0.4
350～400	0.85	0.74	5	26	0.29	0.34	2	7.7	0.06	0.08	1	1.3	0	0	0	0
400～450	0.52	0.46	3	16	0.16	0.19	1	4.5	0	0	0	0				
450～500	0.48	0.42	3	15	0.10	0.12	1	2.7								
Total	15.94	13.96	93		12.25	14.21	95		9.15	12.81	85		8.34	14.26	95	

然も平衡状態になり難い以外に蒸溜状態をこの両群に分け得られる事を暗示している。

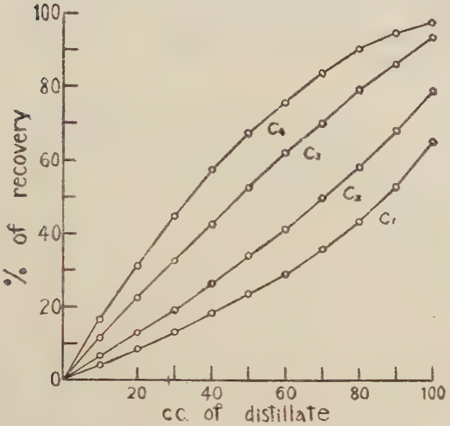


Fig. 2 Recovery curves of the 0.001 M $C_1 \sim C_4$. fatty and distilled.

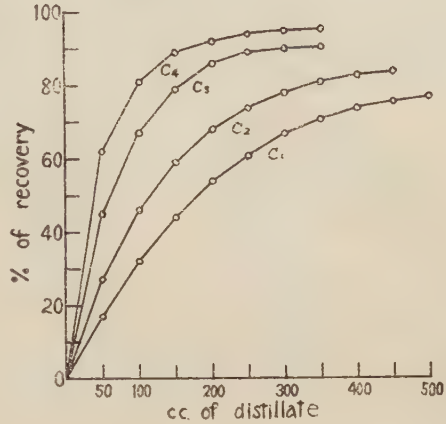


Fig. 3 Curves of DUCLAUX's number[3].

1 mg, 5 mg 及び 15 mg 添加の場合の結果を夫々 Table 2, Table 3 及び Table 4 に記載する。各表の註は Table 1 と同じであるが分溜 mg の算出は N/50 NaOH の Factor の違いにより Table 2, 3 及び 4 は FA 0.876 mg に NaOH 1 cc が相当している。

Table 2 による 1 mg 添加の回収率は FA 60 %弱, AA 60 %強, PA 98 %, BA 100 %にして低級酸群は 60 %, 高級酸群は 100 %近くを示している。然し乍ら添加量を増加して行くと両群の回収率は接近をなし, 更に増加すると逆になる (Table 1～4 参照)

これらの揮発酸が蒸溜される状態を溜出速度 (一定の酸量が溜出されるに要する時間の長短) と溜出割合 (一定の溜出液中に含まれる酸濃度の大小) とに分けて考察すると, Table 1～4 の結果にもとづき各添加酸量の 1/2 が溜出するに要する時間を算出し Tabl 5 を得る。但し溜出液 50 cc を得るに 8 分間を要しており, その間は各酸共比例的に溜出されるものとしての計算値である。この表によると溜出速度は添加酸量の如何に拘らず (但し実験範囲にて) いずれも低級酸程遅い。然して添加量が増加するに従つて低級酸と高級酸の溜出速度は相接近して来る傾向にある。更に同一酸の添加量増加による速度変化は低級酸群は速くなり, 高級酸群は遅くなる。然して両群共により低級の方が速度変化が大である。即ち FA の方が AA より速くなり方が大, PA の方が BA より遅くなり方が大である。

Table 5. Distillation speed of fatty acid. The values given are minutes distilled out of the half amount of the acid added.

Acid added (mg.)	FA	AA	PA	BA
1.0	33.6	21.3	7.5	6.0
4.6	32.1			
5.0	29.6	19.3	8.3	6.1
6.0		18.9		
7.2			9.9	
8.8				6.4
15.0	24.2	16.0	12.0	6.4

又 Table 1～4 にもとづき溜出割合の表を作ると Table 6 を得る。但しこの表は溜出液 200 cc 中に蒸溜された酸量の添加量に対する割合を計算したものである。この表に於て添加量が同一の場合は高級酸程溜出割合は大となつており, 添加量増加に従つて低級酸と高級酸とは相接近して来る。更に同一酸の添加量を増すと低級酸群はその割合が大となるに反し高級酸群では小となる。そして割合の変化比率は低級酸群に於ては AA の方が, 高級酸群に於ては PA の方が大である。

要するに揮発性脂肪酸類はその量が同一であるならば高級になる程溜出速度は速くなり，溜出割合は大となる。更に同一酸に於いてはその量が増加するに従つて低級酸群（FA，AA）は溜出速度及び溜出割合が大となるに反し，高級酸群（PA，BA）は速度も割合も小となる。

この実験の理論的考察は今後にまつ事にして，筆者の謂う溜出比（特に鮮度の判定値となる 50 cc 区分の第2溜出比）と如何なる関係にあるかを調べてみよう。

Table 1～4 の第2溜出比を一覧にすると Table 7 を得る。この表に於いて添加量が同一の場合は高級酸程溜出比が小となつており，同一酸の添加量を増加すると低級酸群は大となり，高級酸群は小となつている。然して各酸の添加量を横軸にこの溜出比を縦軸に溜出比曲線を画くと Fig. 4 となり，低級酸群は凸状を高級酸群は凹状を示すがいずれも或る添加量以上は平衡である。即ち図より FA 10～11 mg, AA 9～10 mg PA 6～7 mg，BA 4～5 mg が夫々その変移量の如くに思われる。この事は或る量以上は一定の溜出比（但し第2の）を与えるがその量以下では不定である事で，低級酸程一定溜出比を与える量を多く要する。第II報[2]にて筆者は供試量の吟味を行なつて，供試量を 2 倍或いは 1/2 倍にしても他の蒸溜条件が一定の場合には同一溜出比（但し第2の）を与える事を見た結果とこの事は必ずしも一致しない。試料が同一なれば供試量を 2 倍にすると含有酸量も 2 倍になり，それらの酸量が上述の各変移量以上である限りは両実験結果は矛盾をしないが，含有酸量が少量に過ぎると供試量によつて溜出比が変動する事が考えられる。但し本実験は各揮発酸単一の蒸溜の場合であるから，試料の如く複雑な場合とは同一に論ぜられないかも知れない。それ故に混合酸についての検討が必要である。

溜出比と溜出速度の関係を上述より考察すると添加量が同一ならば高級酸となるに従つて溜出速度が速くなるから溜出比は小になる。更に同一酸について云えば添加量が増加するに従つて低級酸群は溜出比が大となり溜出速度は速くなるに対し，高級酸群は全くこれに反している。即ち低級酸群は溜出速度が速くなるに拘らず溜出比は大となり，高級酸群は遅くなるに拘らず小となる傾

Table 6. Distillation rate of fatty acid. The values given are percentage of the acid into distillate 200 cc to the acid added.

Aicd added (mg.)	FA	AA	PA	BA
1.0	49	58	98	100
4.6	54			
5.0	54	66	92	97
6.0		68		
7.2			86	
8.8				92
15.0	61	75	78	90

Table 7. 2nd distillation ratio. The ratios are collected from the table 1～4 in this paper.

Acid added (mg.)	FA	AA	PA	BA
1.0	83	58	53	33
4.6	86			
5.0	87	67	51	31
6.0		68		
7.2			50	
8.8				31
15.0	90	71	50	31

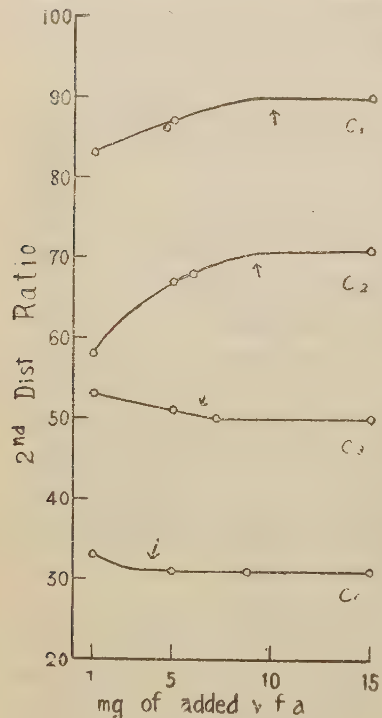


Fig. 4 Curves of the 2nd Distillation Ratio of volatile fatty acids.

……transition point.

向がある。

溜出比と溜出割合の関係を同様考察すると添加量が同一ならば高級酸程溜出割合は大となるに拘らず溜出比は小となる。即ち高級酸となるに従つて蒸溜が速く完結する為に溜出比は小となる。更に同一酸について云えば添加量が増加するに従つて低級酸群は溜出割合も溜出比も大となり，高級酸群は反対に割合も溜出比も小となる。

之を要するに溜出速度・割合及び溜出比の関係は各揮発酸の添加量（被蒸溜酸量）が同一ならば高級酸程速度は速くなり割合が大，即ち早く蒸溜は完了し溜出比は小となる。更に同一酸の添加量が増加すると低級酸群（FA，AA）は速度は速くなり割合は大となるが溜出比も大となり，高級酸群（PA，BA）は全く逆の関係を取る。

次に乳酸について前述の LA 50 mg，100 mg 及び 200 mg 添加の 200 cc まで蒸溜した結果を Table 8 に示す。但し表の註は Table 1 と同じであるが N/100 NaOH 1 cc は LA 0.850 mg 相当である。尚使用乳酸は市販品の儘を用い純度を検定してないので不純分として他の揮発性酸の存在も疑えるし又 LA を稀硫酸と加熱すると分解して FA が発生する故に表の数値は見掛け上のものである。更にかゝる低濃度の酸液を滴定する為に N/100 液を用いたので空気中の CO_2 の影響も軽視出来ない。然し乍ら本実験にて LA の溜出状態の傾向は推察出来る。

Table 8. Steam distillation of lactic acid in 5%H_2SO_4 100 cc.
(titrated with N/100 NaOH)

Acid	LA (50 mg. /100 cc.)			LA (100 mg. /100 cc.)			LA (200 mg. /100 cc.)		
Fraction	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.
cc. cc. 0～50	0.08	0.068	0.136	0.12	0.102	0.102	0.22	0.187	0.094
50～100	0.12	0.102	0.204	0.16	0.136	0.136	0.29	0.247	0.123
100～150	0.08	0.068	0.136	0.15	0.128	0.128	0.24	0.204	0.102
150～200	0.08	0.068	0.136	0.12	0.102	0.102	0.22	0.187	0.094

Table 9. Steam distillation of lactic acid in 5%H_2SO_4 100 cc.
(titrated with N/50 NaOH)

Acids	LA (100 mg. /100 cc.)				LA (200 mg. /100 cc.)			
Fraction	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio	Tit. cc.	mg. of dist.	% of dist.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～50	0.06	0.106	0.016	100	0.12	0.212	0.106	100
50～100	0.08	0.142	0.142	133	0.16	0.283	0.142	133
100～150	0.08	0.142	0.142	133	0.16	0.283	0.142	133
150～200	0.12	0.212	0.212	200	0.16	0.283	0.142	133
200～250	0.12	0.212	0.212	200	0.16	0.283	0.142	133
250～300	0.08	0.142	0.142	133	0.18	0.319	0.159	150
300～350	0.08	0.142	0.142	133	0.18	0.319	0.159	150
350～400	0.06	0.106	0.106	100	0.20	0.354	0.177	167
400～450	0.06	0.106	0.106	100	0.24	0.425	0.212	200
450～500	0.06	0.106	0.106	100	0.26	0.460	0.230	217
500～550	0.04	0.071	0.071	67	0.28	0.496	0.248	233

550～600	0.04	0.071	0.071	67	0.30	0.531	0.266	250
600～650	0.04	0.071	0.071	67	0.30	0.531	0.266	250
650～700	0.04	0.071	0.071	67	0.28	0.496	0.248	233
700～750	0.04	0.071	0.071	67	0.24	0.425	0.212	200
750～800	0.04	0.071	0.071	67	0.20	0.354	0.177	167
800～850	0.04	0.071	0.071	67	0.17	0.301	0.150	142
850～900	0.04	0.071	0.071	67	0.12	0.212	0.106	100
900～950	0.04	0.071	0.071	67	0.12	0.212	0.106	100
950～1000	0.04	0.071	0.071	67	0.12	0.212	0.106	100
Total	1.20	2.124	2.1		3.95	6.992	3.5	

又前述の LA 100 mg, 200 mg 添加を 1,000 cc まで溜出した結果を Table 9 に示す。この註も同前て N/50 NaOH 1 cc は LA 1.77 mg に相当する。この実験にて LA は多少は水蒸気蒸溜され溜出液 1,000 cc にて 100 mg 添加の場合は 2.1 %, 200 mg 添加の場合 3.5 % が回収された。Table 8 によると溜出液 100 cc にて 50 mg 添加の場合は溜出 0.17 mg で 0.34 %, 100 mg 添加では溜出 0.24 mg で 0.24 %, 200 mg 添加では溜出 0.33 mg で 0.22 %が溜出された。即ち多少は溜出される LA は添加量が少いと初溜部分に多くの割合で溜出されるが溜出液を多く集めると添加量が多くなる程多くの割合で溜出される。

Table 8 によれば各溜出区中の溜出 mg は添加量の増加に従つて大となるが，その添加量に対する%は漸減をしている。即ち mg は 0.063 : 0.102 : 0.187 と増大するが添加量 50 : 100 : 200 に比例的でない，又%は 0.136 : 0.102 0.094 と減少するが之れも添加量に逆比例的でない。恐らく溜出 mg 及び%は或る添加量以上になると一定の mg 数及び%数に漸近して行くのではあるまいか。更に Table 8～9 の如く第1溜出区の mg より第2溜出区の mg がいずれも大で，第2溜出比が 100 以上を取るが，この原因は LA が一部分分解を受けて FA となり溜出される為ではあるまいか。もしこの推測が正しいならば Table 9 に於いて 100 mg 添加の溜出区 150～250 cc に 200 mg 添加の溜出区 550～650 cc に溜出比の最大値を取る事はそれまで分解が進み以降は進まない為であろう。

之れを要するに LA は水蒸気蒸溜により多少は溜出され蒸溜が進むにつれて溜出区の酸度は増大し或る点より減少をする。然して添加量を増加すると溜出液の酸度も増大するがその増大率は添加量の増加率より小さく，第2溜出比は或る数（130 ぐらいか）に漸近する。

上述の如く LA の溜出状態は揮発性脂肪酸のそれとは大いに異なつている故に，これらを混在する魚肉の揮発酸の溜出比は C_1～C_4 が示した如く単純なものではない事が予想し得られる。

Ⅲ 二種酸類の組合蒸溜

揮発性脂肪酸 C_1～C_4 及び LA につき各々の溜出状態を検討したが，魚肉中に含まれる揮発酸類は一種ではなく従つて魚肉を水蒸気蒸溜に付した場合の溜出比はその混在する酸の種類・量によつて左右されると考える。それ故に各揮発性酸を種々に組合せてその溜出比を検討する要がある。この基礎実験として C_1～C_4 相互の組合せ及び C_1～C_4 に LA を組合せて蒸溜を行つた。

(A) C_1～C_4 組合せ実験

FA, AA, PA, BA 4 種を 2 種ずつ取り一方を 5 mg に他方を 1,5 及び 15 mg に変えた 5 組合せを 6 通り計 30 ケの酸液を常法の如く 5%H_2SO_4 100 cc に添加して同前の条件にて水蒸気蒸溜を行い，各溜出区の酸度を N/50 NaOH にて滴定した。それらの結果を Table 10～15 に表記する。但し表の註は Table 1 と同様であるが，溜出液は 200 cc までにて止めた。又酸の組合せ量にて (1+1)mg, (15+15)mg を除いたのは，本研究は揮発酸そのものの溜出状態を考究する事が最終目的でなく斯の如き組合せに於ける溜出比

(特に第 2 の) が如何に変化するか，即ち第2溜出比と鮮度との関係を考究する一実験であるからである。尚ほ (1+1)mg と云う微量は 滴定値が小で N/50 NaOH では誤差が 大となり，又 (15+15)mg と云う多量は実際魚肉 (総揮発酸量が 150 mg/100 g となる) には殆んどないと考えられるので略した。

結果に対する考察

II に於て $C_1 \sim C_4$ は二群に分けられる事を指摘したが，本実験で低級酸群の組合せ，高級酸群の組合せ，低級高級両群の組合せに於いて，いずれも同一傾向の溜出状態を示した。Table 10～15 に見る如く組合せ添加量が増加すると第1溜出区より酸度 (滴定 cc 数) が大となり，0～200 cc の酸度も大となる。更に滴定 cc の合計を見ると全て (5+1)mg は (3.54±0.22)cc, (5+5)mg は (5.95±0.47)cc, (5+15)mg は(11.89±1.20)cc, (1+5)mg は (3.52±0.40)cc, (15+5)mg は (12.33±1.14)cc の範囲内に一定している。即ち組合せの如何に拘らず添加量が多くなると溜出速度は速くなり，溜出割合は大となる。之れは二種酸混

Table 10. Steam distillation of formic and acetic acid mixture in 5%H_2SO_4 100 cc.

Mixtures	FA 5 mg. +AA 1 mg.		FA 5 mg. +AA 5 mg.		FA 5 mg. +AA 15 mg.		FA 1 mg. +AA 5 mg.		FA 5 mg. +AA 5 mg.		FA 15 mg. +AA 5 mg.	
Fraction	Tit.cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～ 50	1.13	100	2.30	100	4.80	100	1.50	100	2.30	100	4.06	100
50～100	0.93	82	1.75	76	3.60	75	1.06	71	1.75	76	3.30	81
100～150	0.75	66	1.35	59	2.50	52	0.76	51	1.35	59	2.59	64
150～200	0.58	51	1.02	45	1.90	40	0.60	40	1.02	45	2.08	51
Total	3.39		6.42		12.80		3.92		6.42		12.03	

Table 11. Steam distillation of formic and propionic acid mixture in 5%H_2SO_4 100 cc.

Mixtures	FA 5 mg. +PA 1 mg.		FA 5 mg. +PA 5 mg.		FA 5 mg. +PA 15 mg.		FA 1 mg. +PA 5 mg.		FA 5 mg. +PA 5 mg.		FA 15 mg. +PA 5 mg.	
Fraction	Tit.cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～ 50	1.33	100	2.74	100	6.20	100	1.90	100	2.74	100	4.90	100
50～100	1.01	76	1.74	64	3.56	57	1.04	55	1.74	64	3.72	76
100～150	0.79	59	1.11	41	2.07	34	0.54	27	1.11	41	2.80	57
150～200	0.53	40	0.76	28	1.26	20	0.33	17	0.76	28	2.05	42
Total	3.66		6.35		13.09		3.81		6.35		13.47	

Table 12. Steam distillation of formic and butyric acid mixture in 5%H_2SO_4 100 cc.

Mixture	FA 5 mg. +BA 1 mg.		FA 5 mg. +BA 5 mg.		FA 5 mg. +BA 15 mg.		FA 1 mg. +BA 5 mg.		FA 5 mg. +BA 5 mg.		FA 15 mg. +BA 5 mg.	
Fraction	Tit.cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～ 50	1.27	100	2.70	100	6.58	100	2.01	100	2.70	100	4.80	100
50～100	0.90	70	1.36	50	2.56	39	0.73	36	1.36	50	3.01	63
100～150	0.64	50	0.82	31	1.24	19	0.35	17	0.82	31	2.16	45
150～200	0.51	40	0.61	23	0.72	11	0.16	8.0	0.61	23	1.55	32
Total	3.32		5.49		11.10		3.25		5.49		11.52	

Table 13. Steam distillation of acetic and propionic acid mixture in 5% H_2SO_4 100 cc.

Mixtures	AA 5 mg. +PA 1 mg.		AA 5 mg. +PA 5 mg.		AA 5 mg. +PA 15 mg.		AA 1 mg. +PA 5 mg.		AA 5 mg. +PA 5 mg.		AA 15 mg. +PA 5 mg.	
Fraction	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～50	1.58	100	2.92	100	6.11	100	1.78	100	2.92	100	5.10	100
50～100	1.02	65	1.77	61	3.27	54	0.92	52	1.77	61	3.32	65
100～150	0.68	43	1.04	36	1.82	30	0.50	28	1.04	36	2.19	43
150～200	0.48	30	0.66	23	0.93	16	0.26	14	0.66	23	1.44	28
Total	3.76		6.39		12.18		3.46		6.39		12.05	

Table 14. Steam distillation of acetic and butyric acid mixture in 5% H_2SO_4 100 cc.

Mixture	AA 5 mg. +BA 1 mg.		AA 5 mg. +BA 5 mg.		AA 5 mg. +BA 15 mg.		AA 1 mg. +BA 5 mg.		AA 5 mg. +BA 5 mg.		AA 15 mg. +BA 5 mg.	
Fraction	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～50	1.52	100	3.05	100	6.60	100	2.14	100	3.05	100	5.12	100
50～100	0.90	59	1.35	44	2.42	37	0.73	34	1.35	44	2.95	58
100～150	0.58	38	0.84	28	1.15	17	0.30	14	0.84	28	1.90	37
150～200	0.37	24	0.48	16	0.64	9.7	0.10	4.7	0.48	16	1.22	24
Total	3.37		5.72		10.81		3.27		5.72		11.19	

Table 15. Steam distillation of propionic and butyric acid mixture in 5% H_2SO_4 100 cc.

Mixture	PA 5 mg. +BA 1 mg.		PA 5 mg. +BA 5 mg.		PA 5 mg. +BA 15 mg.		PA 1 mg. +BA 5 mg.		PA 5 mg. +BA 5 mg.		PA 15 mg. +BA 5 mg.	
Fraction	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～50	1.92	100	3.31	100	6.65	100	2.08	100	3.31	100	6.52	100
50～100	0.90	47	1.33	40	2.68	40	0.72	35	1.33	40	2.95	45
100～150	0.41	21	0.58	18	0.99	15	0.24	12	0.58	18	1.40	21
150～200	0.16	8.4	0.26	7.9	0.37	5.5	0.08	3.9	0.26	7.9	0.70	11
Total	3.39		5.48		10.69		3.12		5.43		11.57	

合の場合には低級・高級の別なく，酸の組合せ方よりもその添加全量に従つて酸が溜出されて来る事を示している。

尚溜出される酸の状態を溜出比より考察する為，これらの第2溜出比を Table 16 に纏め，各酸単一蒸溜にて得た第2溜出区の滴定 cc (Table 2～4) を加算して算出した計算値の溜出比をカッコ内に示した。

この表の実測値と計算値とは非常によく一致している。この一致の仕方は溜出比算出の基礎である滴定 cc 数から一致している。例えば (FA 5 mg+PA 1 mg) の実測値は 0～50 cc 区が 1.33 cc, 50～100 cc 区が 1.01 cc で第2溜出比が 75.9≒76 に対し FA 5 mg の単一蒸溜では Table 3 より 0～50 cc 区が 0.95 cc, 50～100 cc 区が 0.83 cc 又 PA 1 mg は Table 2 より夫々 0.33 cc, 0.20 cc にしてこの加算は夫々 1.33 cc, 1.03 cc で第2溜出比の計算値は 77.4≒77 の如くである。即ち C_1～C_4 酸は如何に組合されても（但し実験範囲内にて）夫々組合された酸単一に蒸溜される状態を保つて溜出される。この独立性は既に (semi)-

Table 16. Expelimental and calculative values of the 2nd distillation ratio.
Figures in parenthesis are calculative value from the table 2～4.

wt. of mixture / Acids	5 mg. +1 mg.	5 mg. +5 mg.	5 mg. +15 mg.	1 mg. +5 mg.	5 mg. +5 mg.	15 mg. +5 mg.
FA+AA	82 (82)	76 (76)	75 (74)	71 (70)	76 (76)	81 (84)
FA+PA	76 (77)	64 (64)	57 (57)	55 (54)	64 (64)	76 (76)
FA+BA	70 (72)	50 (50)	39 (39)	36 (36)	50 (50)	63 (68)
AA+PA	65 (64)	61 (57)	54 (53)	52 (52)	61 (57)	65 (64)
AA+BA	59 (59)	44 (45)	37 (37)	34 (34)	44 (45)	58 (58)
PA+BA	47 (48)	40 (41)	40 (36)	35 (35)	40 (41)	45 (44)

distillation value を用いて酸混合物の分析をする事や DUCLAUX's number を用いて酸を判別する法[5] で知られている所である。

又この表を見ると，より低級酸を一定量（5 mg）にしてより高級酸を 1, 5, 或いは 15 mg と増加するか，より高級酸を一定量にしてより低級酸を減少するか，或いは組合せ量を同じくして低級より高級酸側に移ると溜出比は減少傾向を取る事が判明した。

(B) C_1～C_4 と LA の組合せ実験

II に於て LA の溜出状態は C_1～C_4 と大いに異る事を見た。然らば C_1～C_4 に LA が組合された場合には如何なる溜出比変化を生ずるかを知る為に，C_1～C_4 酸夫々 1 mg に LA を 100 mg 又は 200 mg を，又 C_1～C_4 酸夫々 5 mg に LA 200 mg を混合した 12 ケの酸液につき同前の実験を行い Table 17～19 を得た。表の註は同前であり，LA を 100 mg 或いは 200 mg にしたのは魚肉中の LA が 500～1,000 mg /100 g の場合を考えての事である。

結果に対する考察

C_1～C_4 酸に LA を混合すると溜出液の酸度は全て増大する。例えば Table 2 と 17 及び 18 を又 Table 3 と 19 を比較すれば明かな通りである。然して C_1～C_4 酸 1 mg に LA 100 mg を混合したものよりも LA 200 mg を混合した方が，或いは LA 200 mg に C_1～C_4 酸 1 mg を混合したものよりも 5 mg を混合した方が各溜出区の酸度は大であり，C_1～C_4 及び LA 単一蒸溜に於ける各溜出区の酸度（滴定 cc）の合計に殆んど一致している（Table 2, 3 及び 9 参照）即ち（A）に於て C_1～C_4 酸の独立性を述べたが之れに LA が混合されてもその独立性は失なわれず LA も亦独立的に溜出される事が判明をした。

上述より当然の結果として（B）に於ける溜出比変化は各酸単一蒸溜より推定出来るものにして，Table 16 と同様に Table 17～19 の実測第 2 溜出比と計算値とを纏めて Table 20 に示す。

この表にも見る如く実測値と計算値とはよく一致を示し（A）に述べたと同様の事が云える。この表と C_1～C_4 酸単一蒸溜の Table 7 とを比較すると，C_1～C_4 酸 1 mg に LA 100 mg を混合すると第 2 溜出比は平均 15 を増大し，LA 200 mg を混合すると平均 19 を増大し又 C_1～C_4 酸 5 mg に LA 200 mg を混合すると平均 5 を増大する。即ち C_1～C_4 酸に LA が混合されると LA 量につれて溜出比が増大するが，C_1～C_4 酸の少量の場合よりも多量の場合の方が溜出比の増大率は小になる傾向がある。これは少量の場合は各酸の溜出区の酸度が小である為に LA による酸度増大の影響が大きく，多量の場合は影響が小さい為である。

LA 組合せによる溜出比の変化を Table 20 より見ると C_1～C_4 酸量が一定（1 mg）である時には LA 量が少い程，又 LA 量が一定（200 mg）である時には C_1～C_4 酸量が多い程溜出比は減少傾向を取る事が判明した。

Table 17. Steam distillation of a volatile fatty acid 1 mg. and lactic acid 100 mg. mixture in 5% H_2SO_4 100 cc.

Mixtares	FA 1 mg. +LA 100 mg.		AA 1mg. +LA 100 mg.		PA 1 mg. +LA 100 mg.		BA 1 mg. +LA 100 mg.	
Fraction	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～ 50	0.28	100	0.30	100	0.40	100	0.40	100
50～100	0.26	93	0.23	77	0.27	63	0.19	48
100～150	0.18	64	0.16	53	0.15	38	0.08	20
150～200	0.14	50	0.10	33	0.10	25	0.04	10

Tablb 18. Steam distillation of a volatile fatty acid 1 mg. and lactic acid 200 mg. mixture in 5% H_2SO_4 100 cc.

Mixture	FA 1 mg. +LA 200 mg.		AA 1 mg. +LA 200 mg.		PA 1 mg. +LA 200 mg.		BA 1 mg. +LA 200 mg.	
Fraction	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～ 50	0.41	100	0.30	100	0.52	100	0.50	100
50～100	0.40	98	0.25	83	0.37	71	0.26	52
100～150	0.32	78	0.19	63	0.28	54	0.16	32
150～200	0.27	66	0.16	53	0.23	44	0.12	24

Table 19. Steam distillation of a volatile fatty acid 5 mg. and lactic acid 200 mg. mixture in 5% H_2SO_4 100 cc.

Mixture	FA 5 mg. +LA 200 mg.		AA 5 mg. +LA 200 mg.		PA 5 mg. +LA 200 mg.		BA 5 mg. +LA 200 mg.	
Fraction	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio	Tit. cc.	Dist. Ratio
cc. cc. 0～ 50	1.16	100	1.29	100	1.84	100	1.96	100
50～100	1.04	90	0.97	75	1.01	55	0.73	37
100～150	0.85	74	0.73	57	0.61	33	0.34	17
150～200	0.72	62	0.54	42	0.40	22	0.22	11

Table 20. Expelimental and calculative values of the 2nd distillation ratio.
Figures in parenthesis are calculative value from the table 2, 3 and 9.

Acids \ wt.	1 mg. +100 mg.	1 mg. +200 mg.	5 mg. +200 mg.
FA+LA	93 (96)	98 (103)	90 (93)
AA+LA	77 (74)	83 (83)	75 (74)
PA+LA	68 (64)	71 (72)	55 (56)
BA+LA	48 (47)	52 (56)	37 (37)

Ⅳ 多種酸類の混合蒸溜

揮発性脂肪酸及び乳酸が組合わされた場合夫々が独立的に溜出され，その溜出比は実測値と計算値がよく

一致する事を見たが3種酸以上が混合されてもこの独立性は保たれているものか否かを検討する為に，種々の混合酸液について同前の実験を行つた。

混合実験

脂肪酸4種と LA の組合せ方法は多数にあるが，代表として AA+PA+LA, FA+AA に PA 又は BA を加えたもの更に LA を加えたもの及び FA+AA+PA+BA とこれに LA を加えたものにつき水蒸気蒸溜を行い，N/50 NaOH にて溜出区 50cc 毎の酸度を滴定しそれより第2溜出比を求めた。その結果を Table 21 に表記する。但し表の註は Table 1 と同じにして，溜出区の滴定数は第1，第2のみを記し溜出比には各酸の単一蒸溜（Table 2～4,9）より得た計算値を附記した。

Table 21. Steam distillation of several mixed acid.

Expt. marks	mg. weight of mixed acids					Tit. cc. of distillate.		2nd Dist. Ratio	
	FA	AA	PA	BA	LA	1st frac.	2nd frac	Expt.	Culc.
a	0	5	1	0	100	1.62	1.01	62	62
b	0	5	1	0	200	1.76	1.13	64	64
c	0	15	1	0	100	4.53	3.02	67	68
d	0	15	5	0	100	5.80	3.32	57	58
e	1	5	1	0	0	1.67	1.15	69	66
f	1	5	0	1	0	1.82	1.11	61	61
g	1	5	1	0	100	1.71	1.19	70	68
h	1	5	0	1	100	1.82	1.13	62	64
i	1	5	1	1	0	2.13	1.27	60	60
j	1	5	1	1	100	2.13	1.32	62	62
k	1	1	5	5	100	3.71	1.74	47	45
l	5	5	1	1	100	2.75	1.85	67	69
m	5	5	1	5	100	4.02	2.34	58	56
n	5	5	5	1	100	4.14	2.67	64	63

結果に対する考察

Table 21 の溜出比は実測値と計算値とがよく一致している。即ち斯の如き多種酸混合の場合に於ても前述の独立溜出性は失われていない事が推定出来る。只実験 k～n の如く5種混合の場合稍不一致が目立つ，これは溜出液の酸度が大になるとフェノールフタレンを指示薬として使用している関係上，滴定操作中に空気中の CO_2 の影響が割合強く現われてくる結果の為と考えられる。

さて実験 a, b は LA が 100mg より 200mg に増加した為に溜出比は 62 より 64 に又 LA が 100mg 添加された為に e, g では 69 より 70 に f, h では 61 より 62 に i, j では 60 より 62 に夫々溜出比が大になつている。即ちⅢの（B）に述べた LA による溜出比の増大性と総酸量が多量になるとその増大率が小になる事が同様に見られる。

実験 c, d 及び l, m の如く高級酸（PA 及び BA）が増加する事によつて 67 が 57 に及び 67 が 58 に減少をなし，又より高級酸に変ると実験 e, f 及び g, h の如く 69 が 61 に及び 70 が 62 に減少をする。更に実験 k, l 或いは m, n の如くに低級酸と高級酸を置換すると高級酸量の多い方が夫々 67 より 47 へ或いは 64 より 58 へと減少をなす。これらはいずれも高級酸を増加するか，低級酸を減少するか或いは総酸量が一定で組成を高級酸側に移すと溜出比は例外なく減少傾向を取り，既にⅢ（A）にて述べた事と全く同様である。即ち溜出比の減少はより高級酸の増加或いは割合の増大に基くものであるが，総酸量が増加しても高級酸の割合が増大しない限り（例えば k に対する m, n）溜出比は減少しない事は注意すべき点で

ある。

筆者は第I報[1]に於いて魚肉鮮度が低下するに従つて溜出比が減少する事実を報告した。今若し上述の逆が云えるならば，鮮度が低下する事即ち溜出比が小となる為には（イ）低級酸は一定で高級酸が増加するか逆に（ロ）低級酸が分解減少するか，或いは（ハ）総酸量が増大し且つ酸組成が高級酸側に移るかであるが，(乳酸の減少も溜出比減少の原因であるがその影響が多種酸混合の場合比較的小さいので一時除外しおく）実際魚肉鮮度が低下する際総揮発酸量が増大する故に（ロ）は考えられない。東氏等[6]はスケソーダラを好気的に長期腐敗せしめ高級酸が増加した事を報告し，Hillig 氏等[7]はマグロの腐敗を追求して腐敗過程を5階級に分け階級が進むにつれて低級酸も高級酸も増加するが特に高級酸の生成が大になる事を記載している。之れに対し天野氏[5]は鯨肉の品質低下につれて高級酸から低級酸へとその組成が移動して行くとし，この移動は当初形成された高級酸が分解低級化するのではないかと述べているがこれだと溜出比は増大する事になる。魚肉と鯨肉の相違か或いは分解低級化よりも同氏も考えた蛋白アミノ酸よりの直接生成によるものと解される。之れら文献によると（イ）は実際行われ難いので鮮度低下による溜出比の減少は（ハ）に原因しているものと推定をする。

V　混合割合を同一にした溜出比の検討

筆者は第II報[2]に於いて魚肉供試量を2倍或いは 1/2 倍にしても第二溜出比は同じである事を実験したが，前記II単一蒸溜に於いて各脂肪酸は或る一定量以上にて一定の溜出比を取り含有酸量が少量に過ぎる供試量では溜出比が変動をする事が考えられるから混合酸についての検討が必要の事を述べた。それ故に5種酸及び3種酸混合につき次の実験を行つた。

実験及び結果

Hillig 氏等[7]によるとマグロの腐敗肉に於ては大約 FA 2.6, AA 6.4, PA 1.0, BA 0.6 の割合にて各酸が含有されているので之れに LA 200 mg を加えたものと夫々を2倍量加えたものとにつき，更に未腐敗肉は FA 1.0, AA 1.8, PA 0, BA 0 の割合であるものとし之れに LA 100 mg を加えたものと夫々を 2 倍量加えたものにつき常法の如く水蒸気蒸溜を行つて Table 22 の結果を得た。即ち実験 o, p は腐敗肉の場合を，q, r は未腐敗肉の場合を想定しての実験である。何れも実験結果は溜出比に変化がない。

Table 22. Steam distillation of the same proportional mixed acids.

Expt. mark	mg. weight of mixed acid					Tit. cc. of distillate		The 2nd Dist. Ratio
	FA	AA	PA	BA	LA	1st frac	2nd frac	
o	2.6	6.4	1.0	0.6	200	2.58	1.88	73
p	5.2	12.8	2.0	1.2	400	5.17	3.78	73
q	1.0	1.8	0	0	100	0.65	0.53	82
r	2.0	3.6	0	0	200	1.32	1.08	82

結果に対する考察

実験 o の総揮発酸量は LA を除いて 10.6 mg で各酸共IIに述べた変移量よりも少く，実験 p はこの2倍の 21.2 mg で AA のみ変移量より多く他は少いにも拘らず o, p の第2溜出比は同じ 73 を与えた。又実験 q, r は総酸量（LA を除いた）が夫々 2.8 mg 及び 5.6 mg の少量で FA, AA 共に変移量より少いに拘らず同様 82 と同じである。この実験と第II報の魚肉での実験とは一致している。即ち溜出比は被蒸溜総揮発酸量によるのではなく各酸の組成割合によつて変化するものである事が確認された。然し乍らこの結果がIIに述べた変移量の問題とIII（B）の LA が増加すると溜出比が増大する問題とに矛盾する如くに見えるが，後者の LA による溜出比の増大はIVに見た如く多種酸が混合されている時はその増大率が小（実験

a, b : e, g : f, h : i, j の如く溜出比の1又は2の増大である）である上に総酸量が多量であると脂肪酸の滴定 cc より LA の滴定 cc が微量の為に殆んど LA の影響は現われない。然しその微量の LA の滴定 cc が影響する場合例えば非常に鮮度が良く然も相当量の LA を含有している如き時にはこの為に溜出比の小なる値を与える事も考えられる。次に変移量の問題であるが，各酸の独立溜出性より考えて魚肉の腐敗が進行し各酸共に前記の変移量以上の含有量に至ると如何に腐敗をしてもある溜出比以下にはならないであろう。今 FA 15 mg, AA 15 mg, PA 5 mg, BA 5 mg で LA 200 mg の場合を計算するとTable 4, 3 及び 9 より第2溜出比は 67 となり，又 FA, AA, PA, BA 各 15 mg で LA 200 mg の場合を同様計算すると 57 となる。前者は Fig. 4 よりの推定変移量近くのものであり，後者は全て変移量以上と考えられるから前記の完全腐敗時の溜出比はこの 57 ぐらい以下にはならないものと考える。

VI 摘要及び結論

1. 魚肉鮮度の低下に伴つて溜出比が小となる事実の機構を解明する為に揮発性脂肪酸及び乳酸試薬を用い単一の場合，組合せ混合の場合につき硫酸酸性下にて水蒸気蒸溜を行い溜出状態を検討した。

2. 単一蒸溜に於いて，揮発性脂肪酸は 1～15 ‰の如き低濃度にても低級酸程回収率が小であり，添加酸量を増加すると各酸の回収率は接近し，更に増加すると逆になるが，脂肪酸の C 数と第2溜出比とは逆相関をなした。

3. 低級酸は高級酸より溜出状態が平衡になり難く蟻酸 10～11 mg，酢酸 9～10 mg，プロピオン酸 6～7 mg，酪酸 4～5 mg がその変移量と推定した。

4. 溜出速度，溜出割合より C_1C_2 群と C_3C_4 群に分ける事を指摘し，酸量が同じならば高級酸程速度は速く割合は大となり溜出比は小になり，同一酸の酸量が増加すると低級酸群は速度・割合共に大となつて溜出比も大となるが高級酸群は全く之れに逆であつた。

5. 乳酸は多少溜出され酸量が増すと溜出酸量も増すが溜出比は減少してある値（130 ぐらい）に漸近する事を論じた

6. 脂肪酸・乳酸は如何に組合されても実測値と単一蒸溜より得た計算値とが一致する事より夫々が独立的に蒸溜される事を論じた。

7. 脂肪酸に乳酸が加わるか増加すると溜出比は大となるが多種酸混合の場合はその影響は僅少で，（イ）低級酸が変らずに高級酸が加わるか増加する場合（ロ）高級酸が変らずに低級酸が減少する場合（ハ）酸組成が高級酸側に移る場合溜出比が小となつた。但し総酸量が増大しても高級酸組成が大とならない限り溜出比は減少しなかつた。

魚肉鮮度低下に伴つて溜出比が減少する機構は（ハ）であろうと推論した。

8. 溜出比は蒸溜酸量に依るのでなく，酸組成に依つて変化する事を実証し，第II報供試量の吟味の裏付を行つた。

9. 鮮度が良好で然も相当量の乳酸を含む魚肉に於ては小なる溜出比を取る可能性と，完全腐敗肉に於ては溜出比が或る数（57 ぐらい）以下にならない事を論じた。

尚鮮度良好な魚肉に於ける第2溜出比が 100 以上を示す事の説明及び溜出比と鮮度の程度との関係についての検討については後報にゆずる。

文　献

1) 浅 川 末 三：日水会誌，19，118 (1953).
2) 〃 ：〃 ，19，124 (1953).
3) A. I. Virtanen & L. Pulkki : *J. am. Chem. Soc.*, 50 3133 (1928).

4) A. O. A. C.; p. 299 (1951).
5) 化学実験学第二部第2巻; pp. 323～326 (1940)
6) 東秀雄，岡田稔，山田充阿彌：日水会誌，**16**，447 (1951).
7) F. Hillig, W. I. Patterson, M. Mac Lean: *Commer. fish abst.*, Ⅲ No. 12, 17 (1951).
8) 天野慶之，富谷章子：日水会誌，**16**，517 (1951).

煉製品の保蔵に関する研究*—IV. P. E. F. による煉製品の保蔵(その2)

日笠七郎
(南海区水産研究所)

Studies on Preservation of "Neriseihin".
Studies on the Preservation of "Neriseihin" by P. E. F. (Poly Ethylene Resin Film). (2).

Shichiro HIGASA

On the P. E. F. the author reported in the previous papers a few physical properties and preservative effect of packing, and infered that the preservative period can be extent for 7 days in Summer season (at 30～32°C) by adding the antiseptics (Furaskin (nitrofurazone) in concentration 1/30,000 + D. H. A. (Dehydro acetic acid) in concentration 1/1000,) and packing with P. E. F.

In the present paper continued the expreriment in the concideration of manufactorial condition, and confirmed the following results.

(1) To extend the sufficient preservative period in Summer season (about 10 days), the antiseptics such as Furaskin must be used at the same time with packing.

(2) It must be packed before steaming and then sealed as soon as possible.

(3) Instead of using the antiseptics, the application of the ultra-violet ray lamp can not be particularly expect.

前報[1]で，吾々は簀巻に就て，P. E. F. 包装による保蔵効果を検討し，フラスキン 1/30000, D. H. A. 1/1000, の混合防腐剤を摺身に混入し，成型後，P. E. F. で包装し，蒸煮したものは夏季に於ても，7日間位の保蔵期間の延長は期待し得られることを認めた。其の後，天野，内山[2]両氏は，ヨシキリ鮫単用の「ゆで竹輪」に就て P. E. F. 単独では効果は微弱であるが，フラスキン，D. H. A. 併用で，P. E. F. 包装のものは 30° C で約2日間保蔵期間を延長さすことが出来，魚種の選定や製法の如何によつては，7日間位の延長は可能であろうと推論している。又最近横関[3]，大島両氏はスケソウタラを用い「角型蒸しかまぼこ」に対し，蒸煮前の P. E. F. での包装効果は第一次汚染(蒸煮後残存菌による汚染)の多少により異り，多い場合には 25°C で対照より2日，15°C で 8日，第一次汚染が少い場合には 25°C で対照より2日以上，15°C で 19日以上保蔵期間を延長することを見ている。吾々は簀巻〔摺身を薄く延し，極く短時間焙焼し一種の表皮となして摺身を巻込み，蒸煮す(中心最高温度 90°C，加熱時間約 10～15分)〕の様な蒸煮品に対する包装効果を確認する為前報に引続き更に検討を行つた。

実験の部

実験 I.

原　料　エソ 4，小アジ 6の混合物。

　　澱粉 8% (魚肉に対し)，防腐剤なし。

1953年4月20日受理 (印刷費負担)

* 南海区水産研究所業績第 53 号

製造場所　高知市長崎製造販売所。製法は常法。

試験区別

（1）　対照品

（2）　包装．蒸煮．密封．……蒸煮後直ちに封ずる。所要時間約5分。

（3）　蒸煮．包装．密封．……蒸煮後熱いうちに包装し封ずる。所要時間約 10 分。

（4）　蒸煮．冷却．(簀巻のまゝ）殺菌灯照射．包装．密封。

（5）　蒸煮．冷却．(簀巻のまゝ）防腐液浸漬．包装．密封。

殺菌灯照射は前面，側面，ガラス張りの箱（60×43×47cm）の上面に島田硝子会社製，15 WG 型，低オゾン殺菌灯1本を取付け（2537Å）照射距離20cm 時間30分間行つた。但し簀巻は円筒型である為途中1回反転した。

防腐液処理は工場より簀巻のまゝ実験室に持ち帰り，フラスキン，1/10000, D. H. A. 1/1000に約3分間浸漬後約1分間放置して後包装密封した。

両端の密封は総て電気コテにより圧熱接着せしめ包装紙の重り目は，(2)(3)区は蒸煮により，自然に接着，(4)(5)区は重ねたまゝとした。試験品は前報と同様の箱に入れ，28°Cに保ち官能検査，揮発酸の測定をした。

Table 1. Organoleptic test, and change in Vol. Acid of "Sumaki" during incubation at 28°C.

Time	Treatment	"Neto" (flora of bact.)	Mould	Odor	Elasticity	Fitness for food	Vol. acid (as acetic acid)
d. 1	(1)	(H)	(−)	acidic (+)	good	yes～?	mg. % 11.0
	(2)	(−)	(−)	good	good	yes	
	(3)	(−)	(−)	good	good	yes	
	(4)	(−)	(−)	good	good	yes	
	(5)	(−)	(−)	good	good	yes	
ds. 2	(1)	yellowish (all surface)	(−)	acidic (卌)	softened (卌)	no	31.0
	(2)	wet (whitely turbid)	(−)	acidic (卄)	softened (卄)	no	79.6
	(3)	do. (2)	(−)	do.(2)	do.(2)	no	70.2
	(4)	wet (white flora of bact.)	(−)	acidic (+)	softened (+)	no	44.5
	(5)	(−)	(−)	good	good	yes	11.2
ds. 3	(1)	extremely putrefied					
	(2)	extremely putrefied					
	(3)	extremely putrefied					148.5
	(4)	extremely putrefied					55.5
	(5)	yellowish (partly)	(−)	acidic (±)	good	yes～?	21.9
ds. 5	(1)						
	(2)						
	(3)						
	(4)						
	(5)	wet	(−)	acidic (+)	softened (+)	?	41.5

（1）　Control.

（2）　Covered with P. E. F., and sealed immediately after steaming.

（3）　Steamed, and then covered with P. E. F., and sealed.

（4）　Steamed, cooled, irradiated by Ultra-violet Ray (Wave-length : 2537 Å, Time : 30 min., Distance ; 20 cm.) and then covered with P. E. F., and sealed.

（5）　Steamed, cooled, soaked in Antiseptics (the solution of "Furaskin" 1/30000 and "D.H.A." 1/1000) and then covered with P.E.F. and sealed.

(vol. Acid, vol. N. は何れも前報と同様の方法で測定し，vol. Acid は醋酸として mg%，vol. N. も mg% で表した）

結果，（第１表）

即ち，

（１） 何れも変敗は非常に早く包装による効果も官能的には極く微弱であつた。

（２） 包装の時期による差は殆んどみられなかつた。

（３） 殺菌灯の効果は官能的には余り顕著でなかつたが，揮発酸の量から推して効果がやゝ認められた。

（４） 防腐剤浸漬区が官能的にも又揮発酸量からも明瞭に効果を示したことは，実際問題として夏季３日位保蔵の延長を考慮する場合の一手段として，又他種製品の防腐の場合考えられるべき方法ではなかろうか。

（５） 揮発酸量が最も変敗の進んだ対照区に従来の結果に反して少く，又包装区に割合に多量に出ている事は煉製品の変敗と生成揮発酸との関係を更に追究すべきで，天野，内山(2)両氏も臭気と pH を比較し変敗の進むに従つて無包装区が，アルカリ性に，包装区が酸性に傾く事を指摘し，腐敗に際し主動的に作用する細菌のフローラが両者の間に異つていると考えられると云つている。

実験 II.

簀巻の様な製品で防腐剤を全く用いず，包装のみによる場合は殆んど効果は表われなかつたが，これは P. E. F. の様に耐水性の強い包装紙では，水分の蒸発がなく，（歩減りがないと云う利点はあるが）製品の表面が非常に湿潤となる為，蒸煮によつて残存した菌の発育は非常に盛んとなつた為であろう。それでは包装前に冷却（放置）すれば当然その間にカビ，細菌による汚染が考えられるわけで殺菌灯照射により附着細菌の殺菌を試みたが結果は分析数値に於て僅かに効力があつたのみで，外観的には殆んど効果はなかつた。これに就ては照射時間が短時間であつた為，多少の疑念はあるが殺菌灯の効果は極

Table 2. Organoleptic test, and change in vol. Acid, vol. base-N, pH of "Sumaki" during incubation at 28°～30°C

Treatment	Time	1 d.	2 ds.	3 ds.	4 ds.
(1)	"Neto"	(−)	(+)		
	Mould	(−)	all surface		
	Elasticity	good	good(?)	softened(+)	
	Fitness for food	yes	yes～?	no	
	Vol. Acid(mg%)		32.1	61.9	
	Vol. base-N(mg%)		31.7	23.8	
	pH		6.0	6.0～6.2	
(2)	"Neto"	(−)	wet (slightly)	wet	silmy
	Mould	(−)	(−)	both edge(±)	both edge(±)～(+)
	Elasticity	good	good	softened(++)	softened(+++)
	Fitness for food	yes	yes～?	no	no
	Vol. Acid		44.3	75.3	87.5
	Vol. base-N		3.96	3.96	13.21
	pH		5.8～6.0	5.6～5.8	5.2～5.4
(3)	"Neto"	(−)	wet (slightly)		
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)
	Elasticity	good	good	softened(+)	softened(++)
	Fitness for good	yes	yes～?	no	no
	Vol. Acid		24.6	49.1	60.9
	Vol. base-N		5.28	9.24	10.57
	pH		5.8～6.0	5.6～5.8	5.4～5.6

(1) Control.
(2) Covered with P. E. F., and, sealed immediately after steaming
(3) Steamed, Cooled, irradiated by Ultra-violet Ray (Time ; 50min.) and then covered with P. E. F. and sealed.
pH……by test paper (MR)

く表面に表われるだけで，内部まで浸透しない事と反面冷却後包装しても表面はやはり乾燥しないので，やはり残存菌の発育が盛んとなるのではないか。防腐液浸漬の場合の方が表面は湿潤となるが，寧ろ効果を示す事等からして，表面の湿度より防腐剤の静菌作用が大きな要因となる様に考えられる。是等の点を検討する為特に殺菌灯の照射時間を延長して再試験を行つた。

原　　料　エソ 8，小アジ 1.9，イカ 0.1，の混合物。

　　　　　澱粉 8 %（魚肉に対し）防腐剤なし。

製　　法　製造場所，前回と同じ。

試験区分

Table 3. Organoleptic test of "Sumaki" during incubation at 23～29°C, in the case of using antiseptics ("Furaskin" 1/30000).

Treatment.	Time	3 ds.	4	5	6	7	8	11	15
(1)	"Neto"	(0～±)	(0～±)	(±)					
	Mould	(−)	(+)	(++)	all surface				
	Odor	good	good	mouldy	mouldy				
	Elasticity	good	good	good	good(?)				
	Fitness for food	yes	yes～?	?	no				
(2)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	edge (0～±)
	Odor	good	good	good	good	good	good	good	good
	Elasticity	good	good	good	good	good	good	good	good
	Fitness for food	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
(3)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	wet (whitely turbid)		〃	
	Mould	(−)	(−)	edge(±)	edge(±)	edge(+)	edge(++)	edge (+++)	
	Odor	(−)	(−)	(−)	(−)	steamy	steamy mouldy	mouldy	
	Elasticity	good	〃	〃	〃	〃	good(?)	softened(±)	
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	yes～?	?	no	
(4)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	spot	dia. 4mm	several (++)
	Odor	good	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	Elasticity	good	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	〃	yes～?	yes～?	?

(1) Control

(2) Covered with P. E. F., and sealed immediately after steaming.

(3) Steamed, and then covered with P. E. F. and sealed.

(4) Steamed, cooled, irradiated by Ultra-violet Ray (Time; 50 min.), and then covered with P. E. F. and sealed.

（1） 対照品
（2） 包装，蒸煮，密封，……前回と同様。
（3） 蒸煮，冷却（簀巻のまゝ）殺菌灯照射，包装，密封（照射時間50分，其の他前回同様但し包装紙も同時照射）

試験品放置温度　28～30°C.

結果（第二表）

即ち，

（1） 前回同様何れも変敗早く包装による効果は殆んど見られない。
（2） 殺菌灯照射時間を延長して見たが官能的には殆んど効果がなく，分析数値に多少効果が表われている。
（3） 分析数値を見ると前回同様，無包装区，包装区の変敗の様相が異る事が認められる。

実験 Ⅲ.

前二回の試験に於て防腐剤を用いず包装した場合は殆んど効果は認められない事が推定されたので，（其の後の前記横関氏[3]の実験結果から或は第一次汚染が多かつた為かとも思われる）防腐剤を使つて包装する事が最も良い方法ではないかと考えられる。

既に第一報で充分期待出来る事がわかつたが，防腐剤の使用法に就て検討してみた。フラスキンはネトに対しては相当効力を示すがカビに対しては殆んど効力のない事が認められているが，カビは簀巻の蒸煮温度，時間により完全に死滅し，二次的に附着するものであるから包装して蒸煮するか，蒸煮後直ちに包装すればこれを防ぎ得るはずで従つて使用防腐剤としては，D. H. A. の如きものを複用しなくても，フラスキン単用で良いのではないか。又簀巻の変敗の進行状態をみると，外側の摺身の皮が殆んど流状になつて行く事，内部の摺身の鮮度は相当腐敗が進んでも保たれる事，フラスキンと摺身との混和を充分にする事，実験I. で防腐液浸漬，包装が効果を示した事，等を考慮して表皮に使用する摺身に所要量を混じ着色（実際，赤，緑，黄，等に着色して市販している）せば効果は増大しわしないか。これらに就て実験してみた。

原　　料　エソ 8. 小アジ 2, の混合物。
　　　　　澱粉，8％（魚肉に対し）防腐剤フラスキン 1/30000 表皮に混入。

製造場所　方法，前回と同じ。

試験区分

（1） 対照品
（2） 包装，蒸煮，直ちに密封。
（3） 蒸煮，直ちに包装，密封。
（4） 蒸煮，冷却，殺菌灯照射（50分）包装，密封。

試験品放置温度 28～29°C

結果（第三表）

即ち，

（1） 対照品はフラスキンの効果を示し，3日目に僅かにネトを生じ，4日目にカビをを生じ，後はカビの繁殖早く，6日目には全面に拡がり食用不能となつた。即ち普通摺身に防腐剤を混入した場合と略々同様の効果を示した。

（2） 包装後蒸煮したものは其の効果は大いに表われ，15 日目に僅かにカビを生じ，10 日間位の保蔵期間の延長が出来た。（此のカビは包装紙の接着の不完全のため汚染されたものと思われる）

（3） 簀巻の如き製品では，加熱前包装する事が適当であるが焙焼品の如きものでは，加熱後包装しなければならないので，其の間を汚染及び包装紙の接着が充分でない為放置中の汚染が考えられる。本試験でもやはり，蒸煮後直ちに包装したもの（所要時間約 10 分）は，5日目に僅かにカビが発生し，7日目に表面

Table 4. Preserving effects of covering with P. E. F. on "Sumaki", that quality was somewhat degradated by micro-organisms.

Storage temp. 27∼29°C.

Treatment.	Time	1 d	2 ds.	3	4	5	6	7
(1)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)
	Mould	(−)	(−)	(±)	(+)	(++)	(+++)	all surface
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	yes∼ ?	no	no

Treatment.	Time*	5 ds.	6	7	8	9	10	11	12	13	17	19	20
(2)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	wet	〃	〃	〃	wet (whitely turbid)		
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	edge (0∼±)	edge(±)		
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	yes∼ ?	〃	?
	Vol. acid							14.5					46.6
	Vol. base-N							7.9					10.6
(3)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	wet	〃	〃	〃	wet (whitely turbid)			〃
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	yes∼ ?	〃	no	
	Vol. acid						12.4					34.1	
	Vol. base-N						7.9					10.6	
(4)	"Neto"	(−)	(−)	(−)	(−)	wet	〃	wet (whitely turbid)					
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	〃	〃	yes∼ ?	〃	〃	〃	no	
	Vol. acid						11.0	35.7				108.7	
	Vol. base-N						7.9	5.3				6.6	
(5)	"Neto"	(−)	wet										
	Mould	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	(−)	both edge(+)	〃 dia. 1cm			
	Fitness for food	yes	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	yes∼ ?			
	Vol. acid				15.3					20.9			
	Vol. base-N												

(1) Control. * Time after covering

(2) Covered with P. E. F. and sealed immediately after steaming.

(3) Goods was covered with P. E. F. after let alone a day (−1.0∼11°C), and then steamed again and sealed.

(4) Let alone a day (−1.0∼11°C) before steaming, and covered with P. E. F. and then steamed and sealed.

(5) When goods was let alone for 4 days (28∼30°C) and Mould developed, covered with P. E. F. and then steamed and sealed.

に水気が廻り，且つ白濁した。即ちネトが生じた。

（４） 蒸煮後包装迄の間の汚染又は冷却の場合の其の間の汚染を除く意味で殺菌灯照射を試みたが，８日目に僅かにカビを生じ，15 日目に試験品の半数が発黴した。即ち殺菌灯の効果は認められたが，併し実際問題として殺菌灯の使用は照射時間，場所，方法等を考慮すると，困難性が多いので，寧ろ製品放置室の空気の浄化の意味に使用せば，間接的に効果が期待出来ると思われる。

実験 IV.

実際工場操作に於て擂身のまゝ或は成型後，加熱迄に相当時間放置される事，或は加熱後包装する時に相当時間を経過して，外的汚染が考えられた場合，これを包装後再加熱する場合等，品質に差を生ずる事は当然であるが，斯る品質低下と思われるのものを包装加熱した場合どの程度の効果があるかを簀巻に就て検討した。

原　　料　エソ８，小アヂ２，澱粉８％（魚肉に対し）

　　　　　防腐剤フラスキン 1/30000 表皮に混入。

製造操作　方法，前回同様。

試験区分

（１） 対照品

（２） 包装，蒸煮，密封。

（３） 製品を一日室温に放置，翌日包装，蒸煮，密封（結局加熱二回となる）

（４） 成型後一日室温に放置，翌日包装，蒸煮，密封。

（５） 製品を放置して，ネト，或は，カビが発生した時に包装，蒸煮，密封（結局加熱二回となる）

但し，(3),(4) の放置室温は（$-1.0\sim11$°C）

　(5) は製品を $28\sim30$°C に放置して４日目に，カビ，が発生した。（＋程度）のでこれを包装し，約 15 分間蒸煮して密封した。

何れも前回同様の容器に入れ放置した。

温度 $27\sim29$°C.

経過日数は (1) は放置後 (2)～(5) 区は包装処理後。

結果（第四表）

即ち，

（１） フラスキン使用，無包装のものは前回同様３日目に僅かに，カビを生じ，６日目に食用不能程度となつた。

（２） 包装後蒸煮したものも，10 日目に表面稍湿潤となり 13 日目に僅かに端部に，カビを生じた．前回同様 10 日間位の保蔵期間の延長は可能であると思われる。

（３） 製品を包装する迄に，時間的に又周囲の環況で相当の外的汚染が考えられた場合，これを包装して再加熱したものは，かなり保蔵時間が期待出来るが，やはり，汚染度によつて変敗は早くなる傾向が見られる。（(2)，(3)，(4)，(5) 区比較）

（４） 擂身のまゝ（条件は異るが（４）区に相当すると考えて）相当時間放置した場合も，たとえ包装，蒸煮の手段をとつても，変敗は多少早くなる（(２) と（４）の比較）

（５） 防腐剤を添加してあるものは多少品質は低下しても，これを包装再加熱せば，更に相当期間の保蔵は出来る。

要　　約

簀巻の如く，擂身で別途表皮を作り，これに擂身を巻込んで蒸煮する製品は，

（1） 表皮のみに防腐剤を所要量混入しても，全体に混入した場合に比して略々同程度の効果は期待出来る。これはフラスキンの如き着色している薬品を白さを重視する煉製品に使用する場合，又他種煉製品にも考慮されるべき方法と思われる。

（2） P.E.F. の様な耐水性のもので包装する場合防腐剤を併用しなかつたならば，其の効果は，夏季高温の場合は殆んど期待出来ない。（殺菌灯照射の手段を用いても）然し防腐液浸漬後包装すれば夏季3日位保蔵期間の延長は可能と思われる。

（3） 防腐剤，P.E.F. 包装併用の場合は防腐剤はフラスキン単用で充分で，しかも製品全体に均一に拡散しなくても表層に濃く含まれている方が，より効果的である。この場合フラスキン 1/30000（製品に対し）で夏季 10 日間位の保蔵期間の延長は期せられる。

（4） 焙焼品の如く包装後加熱の出来ないもの，或は何等かの原因で加熱後包装する場合，防腐剤が併用してあれば相当の有効期間はあるが，やはり可及的速かに包装密封すべきで（表面が湿潤となつても，防腐剤が併用してあれば効果は期待出来る）若し外的汚染が考慮される時は防腐液（主に防黴剤）浸漬後包装，密封する方法も考慮される。

（5） 外的汚染が進んで多少品質が低下したと思われるものでも，これを包装加熱すれば，フラスキン混入の場合はかなりの間保蔵は出来るが，やはり汚染度により変敗は早くなる傾向にある。

（6） P.E.F. の接着は電気コテの如きもので，圧熱して密封すべきで焙焼品の様に，加熱後包装するものは，前以つて一定のチューブを作つて，加熱後可及的速かに封入するのが得策と思われる。（蒸煮品は蒸煮中に重ねた個所は自然に接着する）

（7） 殺菌灯照射は実際問題を考えて，やはり製品包装場等工場内環況の浄化に用うべきと思われる。

（8） 防腐剤（フラスキン）の有無に拘らず P.E.F. の如きもので包装したものの変敗様相は無包装の場合に比して異なり，揮発酸の生成量が早く pH も酸性側に進む傾向がある。

終りに本研究を実施するに当り P.E.F. の入手に御尽力下されたファーストトレーデイング会社東京出張所，又製造試験に終始御協力下さつた高知市梅ケ辻，長崎氏，又殺菌灯を提供された京都市平安硝子株式会社に謝意を表する。

文　　献

（1） 日笠，：日水学会，中四支部大会 27 年 11 月 講演
南海区水産研究所業績集として印刷中.

（2） 天野，内山，：水産研究所，鮮度保持研究班連絡情報第4号.

（3） 横関，大島，：煉製品の保蔵に関する研究……プリント.
（第一次汚染の多少と包装効果について）

水産保蔵食品の研究—II*
塩乾魚肉の保蔵限界について

村田喜一・大石圭一
(北大・水産学部・食品化学)

Studies on Fish Curing—II
The Preservative Limits of the Dried and Salted Fish Meat.

Kiichi MURATA and Keiichi OHOISHI

An experimental equation (1) for the preservative limits of the dried and salted fish meat was offered in the previous paper [1]. As it was only an empirical formula, a theoretical equation (2) which is conducted from next two hypotheses on a given water content of sample meat is presented in this paper ;

(i) Absolute quantity of bound water is constant.

(ii) Meat of which salt concentration for free water is 27.5 % (3/4 saturation) is within preservative limits.

From the equation (2), the equation (3) is obtained, which is quite similar to the equation (1).

前報[1] において塩乾魚肉の保蔵限界は，試料の食塩量を S %，水分量を W % とした時に次の実験式

$$\frac{S}{W-35}\times 100=50(=K) \quad \cdots\cdots(1)$$

で示されることを述べたが，この実験式の意義について次の考察を行つた。

先の実験[1] では，含水量約 75 % のサメ肉を加工して，水分量 60 %，食塩量 12.3 %とすると腐敗が止まり，また，食塩を加えずに水分量だけを約 35 %に乾燥した時にも，変敗が起らなかつた。このことから次の 2 つの仮定を導いた。

〔**第 1 仮定**〕こうした，含水量 35 %程度の試料肉中の水分は腐敗細菌の生活作用には役立たない，いわゆる，結合水と見なされるものであると考えた。実際，別の方法によつて測定された魚肉中の結合水量も大体これと同程度の値を示している[2]。こうした結合水は，同一の魚種，同一の鮮度等においては一定であるが，この条件が異ると幾分変化するものと推定されている。然しこの変化を無視して，試料肉の含水量が異つても結合水量には変化がないものと仮定する。

〔**第 2 仮定**〕また，一般に水分量 W_0 %の魚肉を任意の水分量 W %に変化させた試料肉中に S % の食塩，a %の結合水があるとすれば，自由水 ($W-a$) に対する食塩濃度 $\frac{S}{W-a}\times 100$ が一定値 (K') になつた時に，その試料肉は保蔵限界にある，と仮定する。

この場合の結合水量 a %は，第 1 の仮定によつて次の式で示される。

$$a=\frac{35\times\frac{100-W_0}{100-35}}{W\times\frac{100-W_0}{100-(W+S)}}\times W \ (\%)$$

1953 年 4 月 30 日受理 (印刷費負担) * 北海道大学水産学部，水産科学研究所業績第 152 号

先の実験[1]では，含水量 60 %の試料中に 12.3 %の食塩が含まれていると，この試料肉は保蔵限界に位し腐敗しなかつた。もとの肉の水分量 W_0 は約 75(%) であつたから，$\frac{S}{W-a}\times 100$ は計算によつて 27.3 (%) である。同じ結果が，マアジ挽肉を 23° に貯蔵し，アンモニアの急激に増加するのを腐敗開始点と見なして判定した実験からも得られている[3]。

これら 2 つの仮定によつて，次の式 (2) が成立つ。

$$\frac{S}{W-a}\times 100=27.3(=K') \quad \cdots\cdots(2)$$

式 (2) を整理すると

$$\frac{S}{W-35}\times 100=50 \quad \cdots\cdots(3)$$

式 (3) が導かれ，これは式 (1) と全く同じものである。而して K' の値 27.3(%) は 37° に於ける食塩の飽和濃度 (36.27 %) の 75.2 %，即ち 3/4 飽和に相当する。K と K' との関係は $K=K'\times 1.91$ で示され，K' が食塩の飽和濃度に相当するときの K の値は 70 である

以上の 2 つの仮定によつて，保蔵の限界を示す実験式 (1) の意義，即ち全水分量がどのように変化しても，自由水に対する食塩の濃度が 27.3 % (3/4 飽和)になつた時に塩乾魚肉の腐敗が停止する，ということが明かである。この仮定の検討は目下続行中である。

要　　約

含水量が変化しても結合水の絶対量には変化なく，また，自由水に対する一定食塩濃度 (3/4 飽和) が保蔵限界を示すものと仮定して，得られた式 (2) を変形すると，先に得られた実験式 (1) と同じものが得られる。

論文作成に際し，結合水に関して助言を得た，本学部，秋場稔講師に，また，論文の全般にわたつて助言を賜つた本学部，井上直一教授に厚く御礼申上げる。

文　　献

1) 村田喜一・大石圭一：日水誌，18，541，(1953).
2) M. AKIBA: Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 1, 156, (1950), 2, 176, 239, (1951).
3) 大石圭一：日本水産学会西日本支部第 1 回例会講演，(1950).

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries Vol. 19, No. 4, 1953

魚類の簡易衛生學的細菌検査法に就いて

関根 隆・中窪敏男
（東京水産大学）

On Simple Hygienic Examination Method of Bacteria for Fish

Yutaka SEKINE and Toshio NAKAKUBO

In order to examine fresh fish and other marine products, scratch-method is adopted at present. But this method proved not too good, because it takes 4 or 5 days to gone through while fresh fish should be examined in a very short time.

According to this idea we devised the paper-pasting method to shorten the time required. First, parchment paper of 2.0 by 2.5 cm. in size should be sterilized.

If fish is small, medium, or large, 1, 2 or 4 pieces of paper respectively should be pasted on each side of fish, and transplated on Endo or E.M.B. agar plate, then following is same manner to scratch method. Our method is simple in operation and does not need B.G.L.B. fermentation tube, then also takes less time it better than the old.

As a result of a comparison made between the two method, there was found little difference as to the efficiency for detecting colon group.

I. 緒言

現在魚類其他其表面の比較的平滑な検体の衛生学的細菌検査法は，其の表面を所定の器具を用い所謂擦取法により，之を B.G.L.B. 醱酵管に接種し大腸菌群を検出するのであるが，之は多数の醱酵管培地及び多くの培養日数を要し，特に鮮魚等に於ける場合の成績判定には不合理であるので，之を改め操作簡単な而も培養日数を短縮した所謂紙片貼付法なるものを考按し是を従来の擦取法[1]と比較検討した。

今簡単に新旧両方法の実施順序を記載すれば次の如くである。

Table 1. (Scratch method)

Surface of fish ($120cm^2$)—NaCl (100cc) —B.G.L.B.—

(24-48h. cult.) —Ferment. tube.—
- Gas(+)— (24h. cult.) E. M. B. or Endo — typical coliform group colony or more than 2 doubtful colonies — or—
- Gas (−) ———— colon group (negative)

—
- (24h. cult.) slant agar ———— Gram(−), Spore(−) —— Colon group (positive)
- L.B (24−48h. cult)— Gas(+)— Gram(−), Spore(−) —— Colon group (positive)
- L.B (24−48h. cult)— Gas(−) ———— Colon group (negative)

1953年4月24日 受理（印刷費負担）

(Paper-pasting method)

Surface of fish — Parchment paper (2.5cm. × 2.0cm) — transplant on — { E.M.B. or Endo (24h. cult) } or —

— { typical coliform group colony or more than 2 doubtful colonies } or — { Slant agar (24h. cult.) — L.B. (24–48h. cult.) — }

— { Gas (+) — { Gram(−) Spore(−) } — colon group (positive)
Gas(−) — colon group (negative) }

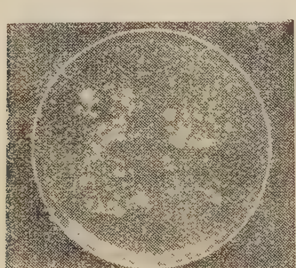
II. 新旧両方法の菌検出比較

（1） 実験方法

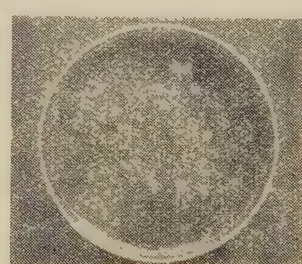
何れも小売店舗から得た同一条件下にあつた同一魚種に就き実験を試みた。即ち，新方法は予め滅菌した 2.0×2.5cm 大の硫酸紙（シヤーレ1枚に4枚貼付し得る）を

小形魚には片側に1枚両側で2枚
中形魚　〃　2枚　〃　4枚
大形魚　〃　4枚　〃　8枚貼付し，

之を予め用意した E.M.B. 又は Endo 氏平板培地上に其の儘貼付移植す，若しイカの如き粘液の多いものは個々の孤立した集落が得られぬので，フラシャ内で培地面が適度に乾燥する迄蓋を開き乾燥させ，然る後常法の如く培養する。（写真参照）而して擦取法は魚体表面 120cm² を擦取るので，本法に於ても同一面積で比較した。


Mackerel


Cuttle fish


Sardine

（2） 実験成績

両法を比較した個々の魚体に就いては前記の如く全く同一材料ではないが，第2表の如く其の成績は両者間に大差なく，又検出した菌種に於ても殆ど差異は認められなかつた。

III. 両検査法による採菌能率

（1） 実験方法

両検査法による採菌能率を鯖を用い3回の平均を採つた。先ず魚体表面を水洗し，生理食塩水2立中に6

鹿を含む大腸菌浮游液中に暫時浸漬し，水切後魚体の片面を貼付し，他の面を搔取に供し何れも供試魚体表面を 120cm² とした。之を各 20cc. 生理食塩水中に採り其の 0.1cc. を平板培地に塗布培養し正確に菌数計算を行い其の平均値を採つた。尙搔取及び貼付した該魚体の各表皮を切り取り，之も同様 20cc，生理食塩水中に採り前者同様平板に培養し魚体に附着して居た菌数の総和を求め，其より両方法による採菌能率の割合を出した。

Table 2. Record of Old and New Methods (by Imvic system).

Kind of fish	Paper-pasting method	Scratch method
Mackerel	Intermediate II type	Intermediate II type
〃	〃 〃	E. coli I type
〃	A. aerog. II type	A. aerog. I type
〃	Intermediate II type	〃 〃
〃	〃 〃	〃 II type
〃	〃 I type	Intermediate I type
〃	〃 II type	〃 〃
Cuttle fish	B. coli I type	〃 II type
〃	〃 〃	E. coli I type
〃	Intermediate I type	Intermediate I type
〃	A. aerog. I type	〃 II type
〃	B. coli I type	〃 I type
〃	A. aerog. I type	E. coli I type
〃	〃 〃	Intermediate I type
Sardine	Intermediate I type	〃 II type
〃	A. aerog. I type	A. aerog. I type
Fish minced and steamed	E. coli II type	Intermediate II type
Fish pudding	None	None

（2） 実験成績

右表の如く旧法は新法より採菌率は優れて居るが検出した菌種及び其の結果に於ては，旧法は B. G. L. B. の増菌用培地を用いるにも不拘両者間に大した開きは認められなかつた。

Table 3. Efficiency of Old and New Methods (average of 3 tests).

Mackerel	Paper-pasting 13	Remainding bacteria 114	Efficiency 14%
	Scratching 27	Remainding bacteria 117	Efficiency 20%

IV. 総　　括

1. 貼付法は操作簡単で，旧法の如き多数の醱酵管を要せず，Endo 又は E. M. B. の平板培地のみで足る。

2. 検査に要する日数は 2 ～ 3 日で成績を判定し得る。旧法より 2 ～ 3 日の短縮となり，其の検出成績に於ても両者間に優劣は認められない。

3. 本法による魚体検査全表面積は 200cm² を可とする。即ち

小形魚 20尾×2枚×$5cm^2=200cm^2$

中 〃 10 ×4枚×$5cm^2=200cm^2$

大 〃 5尾×8枚×$5cm^2=200cm^2$

蒲鉾，半片の如きは 10—20コの検体に就いて検する。

4. 擂取法に於て B.G.L.B. による M.P.N. の代りに紙片1枚に1コの大腸菌群を認めた場合 Index 1とし，2コの場合 Index 2 とす，以下同じ．而して全部1枚の紙片に1コ検出した場合の Index は40となる。其の Grade に就いては今後の問題であるが，斯の様な方法を採るたらば M.P.N より簡単に其の Index を算出し得る。

文　献

1. 衛生検査指針 Ⅲ. 食品衛生検査指針 1951年 厚生省編纂。

雲丹塩辛の異常醱酵に就て

富安行雄・銭谷武平
（九大農学部水産化学教室）

On Gaseous Fermentation in "Uni-shiokara"

Yukio TOMIYASU and Buhei ZENITANI

The gaseous fermentation in "Uni-shiokara" has frequently been caused by salt tolerant yeasts, resulting in its softening and loss of palatableness. *Debaryomyces kloeckeri*, *D. hansenii*, *D. nicotianae* and its variety, *Hansenula anomala* and *Candida* species were found in the normal products, white *Saccharomyces rouxii* BOUTROUX or a new species named *Saccharomyces kyushuensis* ZENITANI were isolated from all of the products spoiled by gaseous fermentation.

The possibilities of gaseous fermentation under high salt condition were tested with various kinds of yeasts (32 strains) and it was found that the fermenters in such condition were all of *Zygosaccharomyces* species (7 strains) and *Torulaspora* sp. M_3 (Table 1). But as *Torulaspora* sp. M_3 was very slow in fermenting, we consider *Zygosaccharomyces* species chiefly responsible for the gaseous fermentation of "Uni-shiokara". Lodder & van Rij (1952) rejected the genus *Zygosaccharomyces* and included the species brought to this genus in the genus *Saccharomyces*. According to their classification, the yeasts causing gaseous fermentation in "Uni-shiokara" are *Sacchar- omyces rouxii* and *Saccharomyces kyushuensis*. Some of their physiological properties are shown in table 2.

Such abnormal fermentation will be inhibited by adding vitamin K_3.

雲丹塩辛は普通，泥雲丹と練雲丹とに区別され脱水度の低い泥雲丹は往々異常醱酵を起して軟化し香味を損うことがある。木村，小谷両氏[1]は２種の *Torula* 属酵母を分離して其の原因とした。

著者等は異常醱酵した製品から分離した酵母は勿論其他の種々の酵母に就て耐塩下に於ける醱酵能否を吟味した結果，旧分類の *Zygosaccharomyces* 属に入る全菌株と *Torulaspora* sp. M_3 が醱酵を起すことを確めた。之等の菌株は LODDER & van RIJ の新分類に従えば総て *Saccharomyces* 属となり *Saccharomyces rouxii* BOUTROUX と *Saccharomyces kyushuensis* ZENITANI（新種）の２種が異常醱酵の有力な原体である事を明らかにした。なお異常醱酵はビタミン K_3 によつて防止しうることを確めたので報告する。

I. 雲丹塩辛の微生物に就て

真正酵母は別報[2]の如く普通製品では主として *Debaryomyces kloeckeri*, *D. hansenii*, *D. nicotianae* 及び其の変種又は *Hansenula anomala* が見出され，異常醱酵した製品からは *Saccharomyces rouxii* 及び *Saccharomyces kyushuensis* が分離された。而して無胞子酵母は *Candida* 属であつた。細菌類に就て佐々木氏[3]は *Bacillus subtilis* I 及び II 並に *B. mesentericus* を分離した。然しこれらはガス醱酵をしない。

従つて斯かる変敗の原体としては直接的には全く酵母菌が挙げ得られ細菌類は殆ど関係しないと考えられる。

1953 年 3 月 30 日受理（印刷費負担）

Ⅱ. 異常醱酵の原体となる酵母に就て

雲丹塩辛の異常醱酵は酵母の醱酵作用に基くことは明らかであるが木村氏[4]は同氏の分離した *Torula* はこの醱酵に対し決して特異のものではなくパン酵母でも，清酒酵母でも其他の *Torula* でも同様に醱酵すると述べている。著者等は異常醱酵の原体となりうるものを確めるために各種の塩辛酵母を始めパン酵母，酒精酵母等に就き含塩培養基を用いて醱酵能否を試験した。

a) 含塩培地に於ける醱酵能否試験：――各種塩辛類の分析例を基にして基本培地（肉エキス1分，ペプトン1分，食塩15分，葡萄糖5分及び水道水55分）を選び，各種酵母の 25°C に於ける試験管培養に就き醱酵能否を試験した。供試酵母は酒精酵母（Rasse Ⅱ），パン酵母（フライシュマン，三共），清酒酵母 *Saccharomyces sake*，塩辛酵母（*Zygosaccharomyces* sp. E_1, $F_{1\cdot2}$, N_1, Q_2, $R_{1\cdot3}$, *Torulaspora* sp. M_3, *Hansenula anomala*, *Debaryomyces* sp. A_2, $C_{1\cdot2\cdot4}$, O_9, P_2, Q_3, R_4, S_4, *Candida* sp. N_2, K_1, D_1），及び *Debaryomyces membranaefaciens*, *Willia javanica*, *Monilia candida*, *Torula utilis* 及び *Mycotoruloides utilis* の計32菌株である。

b) 半固形含塩培地に於ける醱酵能否試験：――更に一般塩辛類の如き流動状乃至半固形培地に於ける醱酵能否を確めるべく前記基本培地に 0.2% 寒天と 10% 硅藻土を加えた半固形培地を用い 30°C に於て培養試験を行つた。

c) 試験結果：――Table 1 の如く *Zygosaccharomyces* 属と *Torulaspora* sp. M_3 以外は殆ど醱酵せず僅に酒精酵母 Rasse Ⅱ が半カ月後に弱醱酵を起したにすぎなかつた。又半固形培地に於ても同様醱酵するが醱酵開始は僅に遅延する。なお Rasse Ⅱ は醱酵しなかつた。従つて斯かる試験範囲では醱酵を惹起し得るものは塩辛酵母中の *Zygosaccharomyces* 属の全菌株と *Torulaspora* sp. M_3 に限られる様である。

Table 1. The rate of fermentation in the semi-solid and the liquid media containing high salt.

By the classification of STELLING-DEKKER(1931)		By the classification of LODDER & van Rij(1952)	Medium Ⅰ Days 2	4	6	8	10	Madium Ⅱ Days 2	4	6	8	10	12
Zygosaccharomyces sp.	E_1…	*Saccharomyces kyushuensis*	±	++	+++	++	+	−	+	++	+++	+++	++
Zygosacch. soja	F_1…	*Sacch. rouxii* strain	+	++	+++	++	+	−	±	++	++	++	++
〃 〃	F_2		−	++	+++	++	++	−	+	++	++	++	++
Zygosacch. miso	N_1		−	++	+++	+	±	−	±	++	+++	+++	++
Zygosacch. major var. miso	R_1		±	++	+++	++	++	−	−	±	+	+	+
Zygosacch. japonicus	R_3		±	++	+++	++	+	−	+	+++	+++	+++	++
Zygosacch. sp.	Q_2		−	−	++	+++	++	−	−	−	+	+++	+++
Torulaspora sp.	M_3…		−	−	±	+	++	−	−	−	−	±	++

The other tested yeasts are as follows: Alcohol yeast (Rasse II), baker yeast (Fleischmann), *Saccharomyces sake*, Shiokara-yeasts (*Debaryomyces* sp. A_2, $C_{1\cdot2\cdot4}$, O_9, P_2, Q_2, R_4, S_4, *Hansenula anomala*, *Candida* sp. N_2, K_1, D_1), *Debaryomyces membranaefaciens*, *Willia javanica*, *Monilia candida*, *Torula utilis*, *Mycotoruloides utilis*. They did not ferment.

Note. Medium Ⅰ. Meat extracts 1, peptone 1, sodium chloride 15, glucose 5 and water 55 parts.
Medium Ⅱ was prepared by adding 0.2% agar and 10% diatom earth to medium Ⅰ.

d) 耐塩下に於ける醱酵状況：――顕著な醱酵を行う *Zygosaccharomyces* 属菌等に就き 15% 食塩と 5% 葡萄糖を含む Hayduck 培地に供試酵母を接種し醱酵状態を調べた。ガス醱酵状況から見れば *Zygosaccharomyces* 属は孰れも醱酵開始後，弧状に上昇する醱酵曲線を示し，醱酵歩合は約 80% 前後であるに対し *Torulaspora* sp. M_3 は緩慢に上昇する様な直線的傾向を以て醱酵し 34.3% の醱酵歩合であることか

ら *Zygosaccharomyces* 属が異常醱酵特に急激な湧きに関与することが判つた。

Ⅲ. 異常醱酵の原因となる酵母の特性に就て

雲丹塩辛の異常醱酵は総て osmophile の *Saccharomyces rouxii* と *Saccharomyces kyushuensis* (LODDER & van RIJ の新分類による) に基因し，前者の内には味噌，醬油酵母も含まれている。異常醱酵製品及び他の塩辛類に分布する異常醱酵の原体となる酵母の生理学的性質を摘録すれば Table 2 の如くである。即ち最適発育 pH は 4.0~7.0 にして塩辛類の pH も概ね此範囲内に入り，発育至適温度は 30°C

Table 2. Some physiological properties of yeasts causing gaseous fermentation in "Uni-shiokara".

Yeasts		Growth		Death	Salt tolerance	Fermentation					
		Opt. pH	Opt. tp			D	G	M	L	S	R
Saccharomyces kyushuensis …	E_1	4.1-5.2	25-30°C	55°C	15%	+	∓	−	−	−	±
Saccharomyces rouxii strain	F_1	4.1	30	55	20	+	−	∓	−	−	±
	F_2	4.1	30	55	20	+	−	+	−	−	±
	N_1	5.0-6.3	25-35	60	25	+	−	+	−	+	±
	R_1	6.3-7.2	30-35	60	20	+	−	+	−	±	±
	R_3	5.0-6.0	30-35	60	20	+	−	+	−	+	±
	Q_3	6.5-7.2	30-35	60	25	+	−	+	−	−	−
	M_3	5.5-7.2	25-30	55	20	+	−	+	−	−	−

Note : Death-10 minutes at ~C. D-glucose, g-galactose, M-maltose, L-lactose, S-sucrose and, R-raffinose.

前後で夏季気温に略々近く而も概ね 20% 食塩になお耐えることが出来る。又葡萄糖を孰れも醱酵し，上記の生理的性質からしても糖質に富み脱水の不充分な泥雲丹中に於ては気温の上昇に伴い容易に発育し，ガス醱酵を惹起するに至るものと思う。なお $R_{1,3}$ はアサリ塩辛の醱酵中のものから分離したものである。

Ⅳ. 異常醱酵のビタミン K_3 による防止試験

木村，小谷両氏[1] は醱酵防止法を種々考究され，現在酒精添加或は水分含量を 50% 以下[5] にすることにより略々此の目的は達成されている。微生物の発育阻止剤としてビタミン K 類が有効な事をさきに当教室[6] に於て確めたので K 類中最も有効な K_3 酒精液を用い若干の防止試験を行つて見た。

市販泥雲丹 (食塩 11.55%，還元糖 2.1%，pH 5.5) を其儘，又は 10% 食塩含有の 5% 葡萄糖水溶液で 5 倍或は 10 倍に稀釈しビタミン K_3 酒精溶液 (V. K_3 50% 酒精溶液 1 mg/cc.) を添加し 30°C に於て醱酵の有無を 48 日間に亘り観察した結果 10 mg/100 g K 以上添加したものは全く醱酵を防止し得た。

長崎県水産試験場に於ては本試験の結果に基き昭和 27 年春，K_3 添加の雲丹塩辛を試製し従来の酒精雲丹に比し香味の優秀なことを認めた。詳細は別報に譲る。

考　　察

雲丹塩辛の熟成により葡萄糖を生成する事は PERLZWEIG & BARRON[7] の研究で明らかで，耐塩下葡萄糖を醱酵する酵母は総て異常醱酵の原体となり得る。然し各種塩辛類から見出された *Debaryomyces* 属，*Hansenula* 属，*Candida* 属及び *Torulopsis* 属は総て非乃至弱醱酵性であるから之等の酵母は異常醱酵の原体とはなり得ない。*Zygosaccharomyces* 属に総て耐塩下よく醱酵し有力な原体で LODDER & van RIJ[3] により *Saccharomyces* 属に統合されたが本属中の耐圧酵母は *Sacch. rouxii* と *Sacch. mellis* の 2 種で孰れも原体となり得る。前者は広く塩辛中に分布するが後者は全く見出し得ず *Sacch. mellis* と同系統の単

糖を醱酵する *Sacch. kyushuensis*（新種）を分離した。*Sacch. rouxii* 中には味噌，醬油酵母をも含む事から本質的には雲丹塩辛の異常醱酵を起す酵母と醬油，味噌の湧き酵母とは全く同種類であるか極めて親近な種類であると思う。

総　　括

雲丹塩辛の異常醱酵は *Saccharomyces rouxii* Boutroux 及び *Saccharomyces kyushuensis* Zenitani に基因する。なお異常醱酵はビタミン K_3 の添加によつて防止し得る。

文　　献

1) 木村金太郎，小谷和夫：水講報告，**22**，292 (1927).
2) 銭谷武平：九大農学芸雑誌，**12**，383 (1952).
3) 佐々木酉二：醸学，**21**，733 (1943).
4) 木村金太郎：糧食研究，**142**，16 (1938).
5) 木村金太郎，小谷和夫：糧食，**165**，178 (1940).
6) 富安行雄外3名：醗工，**29**，187 (1951) **30**，1 (1952).
7) W. A. Perlzweig, and E. S. G. Barron : *J. Biol. Chem.*, **79**, 19 (1928).
8) J. Lodder, and N. J. W. Kreger-van Rij : "The Yeasts, a taxonomic study" (1952).

魚肉の坐りについて—III. 坐りに対する有機變性剤の影響

右田正男・岡田 稔
(東海区水産研究所)

Setting Phenomenon of Fish Muscle——III. Action of Organic Denaturants Especially on the Formation of Friable Jellies

Masao MIGITA and Minoru OKADA

1. Intending to throw light on the structure of set meat, influences of urea and guanidine hydrochloride (abbrev. G-HCl), well-known protein denaturants which are deemed to cleave the hydrogen-bond, on setting phenomenon of horse mackerel meat have been studied. The amounts of added reagents are conveniently expressed in terms of mole concentration of the solutions which would be formed when the reagents are dissolved completely in water present in the meat.

2. Urea makes the meat set in concentrations between 0.75 and 1.0 mol. and produces a jelly with high elasticity and strength in concentrations between 1.5 and 2.0 mol. but a friable one beyond 2.5 mol. When water has been added to the meat, the strength of the jelly formed decreases markedly with the increase of water content, and in lower concentrations of urea, the meat does not set and separation of water is observed (Fig. 1).

3. G-HCl behaves in the same way as urea does. But the former is effective in lower concentrations than the latter. Thus the minimum concentration of G-HCl to cause the meat set lies between 0.2~0.3 mol. When the concentration increases beyond 0.7~1.0 mol., a friable jelly is formed (Fig. 2).

4. Friable jellies produced by urea and G-HCl are quite different from those by I^- and

	Urea (4~6 M) G-HCl (3 M)	KCNS (0.5 M)
Appearance	Natural color of the meat. (Yellowish in the case of urea) Lustrous, transparent. Network structure is observed macroscopically. Friable without resistance on pressing.	Whitish. Lustreless, opalescent. Appears like an aggregation of fine particles. Friable after some resistance.
Course of formation	Forms jelly with high strength first, which gradually decreases J. S. and becomes friable.	Forms friable jelly from the beginning.

1953年6月1日受理，東海区水産研究所業績 B 第116号（印刷費負担）

CNS⁻ in their properties as well as in the course of formation, as shown in the above table and Fig. 3.

5. The fact that the protein denaturants produce friable jellies through jellies with high elasticity and strength, seems to suggest that formation of network structure is a factor as important as hydration of the protein in setting phenomenon of fish meat.

前報[1,2]に於いて魚肉の坐りに及ぼす無機塩の影響を検討して，特に陰イオンの坐りを起させる力に HOFMEISTER 順列の存在することから，無機塩によつて肉蛋白の水和が増進されることが坐りに大きな役割をなしていることを明かにした。しかし魚肉の坐りの現象の中には単に水和だけでは説明し難いもののあることも明かである。例えば肉蛋白を水和させる力の強いと考えられる I^-, CNS^- がある濃度以上存在すると肉糊は急速に固化するがこの坐つた肉はゼリー強度* が低く且脆いものであつて，これらより肉蛋白を水和させる力の弱いと思われる Cl^-, NO_3^-（同濃度），低濃度の I^-, CNS^- によつて坐つた肉の J. S が高く弾力の強いのと全く異つてゐる[2]。この性状の相異は単に水和という要因だけでは説明し難い。

坐りが一種の蛋白のゲル化である事を考えるとゼラチン等のゲル生成について種々推論されている様に[3]，蛋白の水和という要因の外に少くとももう一つの要因，即ちある種のゲルの骨骼構造の形成が大きな役割をなしているのではないかと考えられる。脆い坐りとはこの骨骼構造の形式が不完全であるか又は部分的に崩壊した場合ではないかと言うことも考えられる。骨骼構造の形成をゲル化の要因の一つであると考えると I^-, CNS^- は蛋白を変性させる作用があるといわれるが，この性質が脆い坐りの生成と密接な関係がある様にも想像される。この点を確かめると共にゲルの骨骼構造の形成が坐りの大きな要因である事を直接証明することは勿論望めないにしてもこれを支持しうると考えられる事実を得たいと考え，これまた蛋白の変性剤といわれる尿素，塩酸グアニジン** を用い坐りに及ぼす影響をしらべた。

実　　験

実験材料としては前報同様に細挫したマアジの精肉を用いた。マアジ肉の水分は一般に 75% 前後であるから，乾物を一応蛋白とみなすと肉中の水分/蛋白は 3/1 となる。以下の実験では肉の水分の測定はその都度行わず 75% と仮定して行つた。なお**坐りの判定**は五官検査によつてその性状を検すると共に松本氏[4]の Jellometer で氏の所謂破れの強度を測つて J. S を求めた。

〔実験 1〕 試薬及び蛋白濃度の影響

細挫した肉に水を加えて水分/蛋白の比を種々に変えこれに尿素，G-HCl を加えて混和擂潰し 20°C に 18 時間放置して試薬濃度及び蛋白濃度の坐りに及ぼす影響をみた。尚添加試薬の濃度は試薬が肉中の水分に完全に溶けると仮定した場合生ずべき溶液のモル濃度で示してある。

A) 尿素の影響（第1図）

水分/蛋白＝3/1 のアジ肉に尿素を加えると 0.5M 濃度以下では坐らず，0.75～1.0M 以上で坐りを起し尿素濃度が高くなるにつれ 1.5～2.0M までは J. S の高い弾力のあるしなやかな坐りを生ずる。更に濃度が高くなると（＞2.5M）坐つた肉は弾力を減じ J. S は低くなる。その性状は I^-, CNS^- により生じた脆い坐りの白色で光沢がなく固いのと異なり，肉色で光沢があり，しなやかな感じのものである。更に尿素濃度が増して 6～10M になると色は次第に肉色から黄色に変り透明さをまし押すと抵抗なく崩れる様になる。

肉に水を加えて水分/蛋白＝4/1, 5/1 とすると，4/1 では 1.0M, 5/1 では 1.5M の尿素濃度でも肉は粘稠とならず水を遊離してしまう。しかし尿素の濃度がこれより高くなると水を保持して坐りを起し 2.0M

* 以下 J. S と略記
** 以下 G-HCl と略記

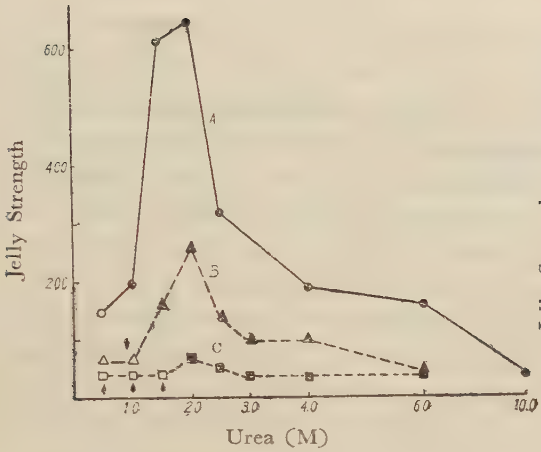


Fig 1. Setting by urea
water/protein: A 3/1, B 4/1, C 5/1
● Jellified, ○ not jellified
The arrow shows separation of water.

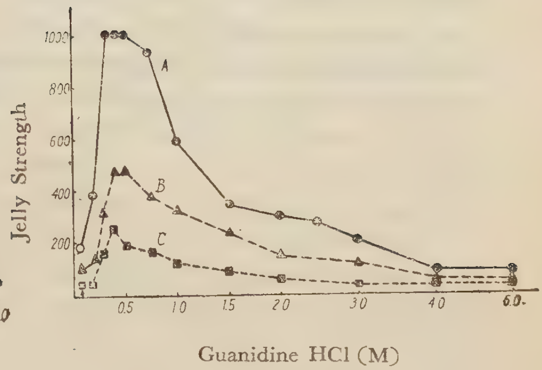


Fig 2. Setting by Guanidine HCl
water/protein: A 3/1, B 4/1, C 5/1
● Jellified, ○ not jellified
The arrow shows separation of water.

までは尿素の濃度の増すに従つて J. S をますがそれ以上では脆くなる。同じ 2.0M の濃度では水分/蛋白の比が 3/1, 4/1, 5/1, と大きくなるにつれ J. S は 650, 260, 70 と急速に低下する。

B) 塩酸グアニジンの影響 (第2図)

水分/蛋白≒3/1 では 0.2～0.3M 以上の G-HCl で坐りを起し，変性剤の濃度が高くなると坐つた肉の J. S も高くなる。0.75～1.0M以上では G-HCl 濃度のますにつれ坐つた肉は脆くなり J. S は低くなる。脆い肉の性状は尿素の場合よりもやゝ固い感じがあるが，肉色で光沢があり透明なのは尿素の場合と同様で無機塩による脆い坐りとは全く性状が異る。しかし G-HCl の場合は尿素の場合と違つて G-HCl 濃度がましても肉の色が黄色に変らない。又 3.0M では高濃度 (6.0～10.0M) の尿素と同様脆さを示すが，4.0～6.0M の高濃度では逆に固化した肉はやゝ粘稠性を帯びフニャフニャした感じのゼリーとなる。

水分/蛋白が大きくなるにつれ J. S は急速に低下するが 4/1 では 0.1M, 5/1 では 0.3M 以上では水を分離しない。即ち尿素の場合よりも低濃度で水を保持する様に思われる。又坐りを起し始める濃度，最も J. S の高い坐りを示めす濃度，脆い坐りを起す濃度も

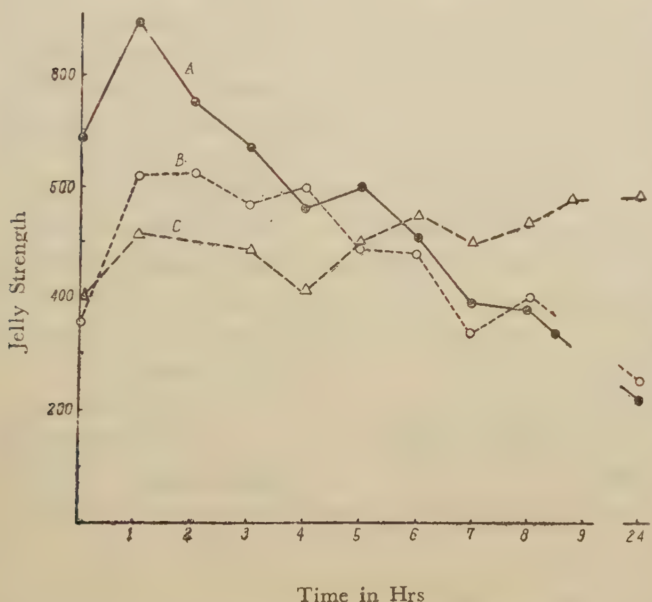


Fig 3. The course of formation of friable jellies by protein denaturants
A: 3M G-HCl B: 6M urea C: 0.5M KCNS

G-HCl の方が尿素よりも低い。

〔実験 2〕 時間的経過

尿素，G-HCl によつて脆く坐つた肉には J. S の高い坐つた肉に特有な肉眼的網状組織が認められ，無機塩による脆い坐りの細かな粒子の集合した感じの組織とは違つている。前報[2]で述べた様にある濃度以上の CNS⁻ による場合は肉は擂潰中既に固化し，しかも固化し始めから脆いゼリーとして坐る。高濃度の尿素，G-HCl でも肉は急速に固化するが固化したものは弾力があり J. S が高い。併しこれを 20°C, 18 時間放置した後では脆くなり J. S も低い。此等の点から尿素，G-HCl による脆い坐りは無機塩の場合と違つて一度 J. S の高い坐りを起し，それが脆くなつてゆく様に思われる。そこで水分/蛋白=3/1 のアジ肉に夫々尿素 6.0M，G-HCl 3.0M* になるように加えて混和擂潰後 20°C に放置し時間的経過をみた。その結果は第3図に示す様に J. S が高くなつてゆく反応とこの様にして出来た弾力のある J. S の高い坐つた肉が脆くなつてゆく反応との2つが相続いておこつているのが認められる。即ち G-HCl では1時間，尿素では 2～4 時間までは坐つた肉の弾力がまし J. S が高くなるがそれ以後では坐つた肉は脆くなつている。

〔実験 3〕 放置温度の影響

同濃度の試薬を用いても放置温度によつて坐つた肉の性状が著しく違うことを屢々経験したので放置温度の影響を調べてみた。即ち水分/蛋白=3/1 の肉に 1.0M，6.0M 濃度になる様に尿素を加え，5°C, 20°C の2温度に放置して坐りの時間的経過を見た（第4図）。尿素濃度 1.0M の時 5°C では 20 時間後でも坐らないが，20°C では5時間で坐り8時間までは時間と共に J. S も高くなる。6.0M 尿素では 5°C, 20°C 共に1時間までは坐つた肉の J. S は急速に高くなるが，その後 5°C では 20時間後でも J. S の低い弾力のある坐りのまゝであり 45時間後観察した時に脆い坐りとなつていた。しかし 20°C の場合には 4～5 時間後から坐つた肉は脆くなる。

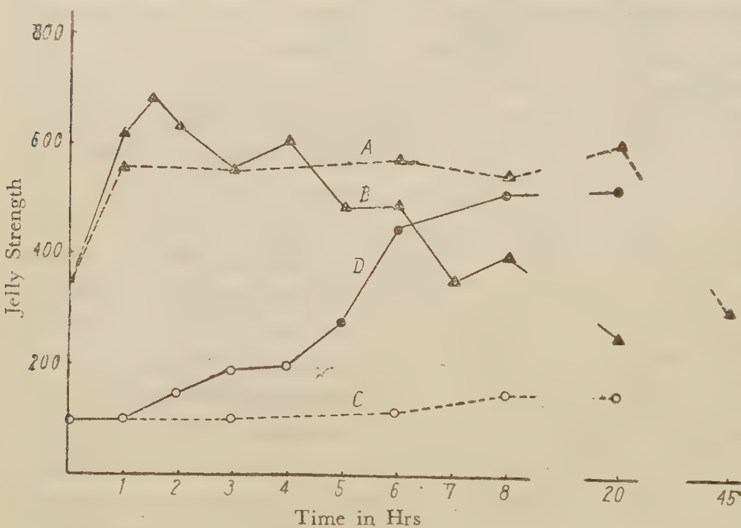


Fig 4. Effect of temperature on setting
A : 6.0M urea 5°C　B : 6.0M urea 20°C
C : 1.0M urea 5°C　D : 1.0M urea 20°C
● Jellified, ○ not jellified

J. S の高くなる反応には 6.0Mの場合は温度の影響は認められないが，1.0M の場合には明かな差が認められる。又 J. S の高い坐りが脆くなる反応にも温度の影響が著しく現われ，両反応とも温度の高い程促進される事が判る。

考　　察

上記の実験に明かなように尿素，G-HCl のような蛋白変性剤もある濃度以上存在するときは無機塩の場

* 最も典型的な脆い坐りを生ずると思われる濃度

合と同様にアジ肉に坐りを起させる。変性剤の濃度がますにつれて弾力のある J S の高いゼリーになるが更に試薬の濃度がますと坐つた肉は脆いものになる。この様に試薬の濃度がますにつれて J. S の高いゼリーを形成し更に濃度が高くなると坐つた肉が脆くなることは I^-, CNS^- による坐りの場合とよく似ているが，夫々の場合にみられる脆い坐りは第1表の如く五官検査よる性状からみても又脆い坐り生成の時間的経過からみても全く違つてゐる。又 6M, 10M の高濃度になる様に此等の有機変性剤を加えても無機塩 (3M) により起される所謂塩析，蛋白の凝固沈澱が認られない。

第 1 表　脆い坐り

試薬	坐つた肉の性状	時間的経過
尿素 (6～10M) G-HCl (3M)	肉色～黄色，透明，光沢あり，肉眼的網状組織が認めらる。押すと抵抗を感ぜずに潰れる。	一度 J. S の高い坐りが形成され時間と共に脆くなる。
KCNS (0.5M)	白色，不透明，光沢なし，細かい粒子が集合した様な組織。押すと一応固い感あり，ある程度力を加えると容易に砕ける。	始めから脆い坐りとして形成される。

尿素，G-HCl の蛋白変性剤としての作用は生の蛋白 (Native protein) に特有の形状を保たしめている分子内水素結合を切り蛋白鎖の変形を起させるものと説明されている[6]。この変性作用は例えば卵アルブミンの実験で SH 基を出現せしめる濃度，出現する SH 基のあらわれ方，その他の諸性質から尿素の方が G-HCl よりも弱い事が推論されているが[7]，坐りの実験に於ても坐りを起し始める濃度，J. S の高い坐りをつくる濃度，脆い坐りをつくる濃度が尿素よりも G-HCl の方が遙かに低い。又魚肉蛋白の主成分であるミオシンに尿素，G-HCl を加えるとミオシンの特性である流動複屈折が消失し同時に粘度が低下する。此等の変化は 10^6 の分子量のミオシンが 10^5 の分子量の subunit に分裂したものと推定されている[4]。この subunit への分裂は G-HCl では 0.2～0.3M，尿素では数倍高い濃度から起り始めるが，この濃度は坐りの起り始める濃度に近い値である。このような事実はこれらの有機変性剤による蛋白の変性と坐りとの間に何か関係がありそうなことを示唆するように思える。この点について考察してみたい。

まずかゝる水素結合を切る力のある尿素，G-HCl の存在によつて何故坐りが起るのであろうか。前報で明かにした坐りに密接の関係のあると考えられる肉蛋白の水和の増進が此等試薬によつても行われる事は充分に考えられる。即ち蛋白の分子間及び分子内水素結合を切る事によつて蛋白鎖の変形が起り分子内に隠れていた水和の中心（イオン基及び極性基）を露出させるとか，ペプチッド鎖間の水素結合を切りその形成中心（CO, NH）と変性剤がむすびつき[6]（第5図）変性剤自身が水分子を引つけるとかにより蛋白の水和が増進されよう。但し水分/蛋白が大きい場合には 1.0, 1.5M の尿素濃度でも粘稠な肉糊さえ出来ず水を分離する事から考えると，此等の試薬が蛋白の水和を増進する力は無機塩の場合程大きくないと思われる。

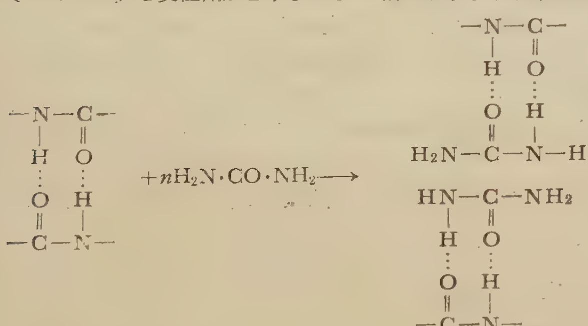


Fig 5. Cleavage of hydrogen bonds between peptide chains by urea [6]

変性剤濃度が或る以上大きくなると蛋白の水和が増進され J. S の高い坐りが形成されようという予想に反し脆い坐りが得られ，しかもその脆い坐りが一度 J. S の高い弾力のあるゼリーを経て生ずる

事は単に蛋白の水和という点から丈では説明出来ない。上記の事実は，ゲルの形成にはゼラチン等について種々推論されている様にある種のゲルの骨骼構造の形成ということが大きな役割をなしているという考えを，魚肉の坐りの場合にも入れるならば一応説明しうるように思える。

まず適量の尿素又は G-HCl の存在の下で J. S の高いゼリーが出来るのは，これらの蛋白変性剤によつて分子間及び分子内の水素結合が切られると，蛋白鎖は運動の自由を増して変形を起し遊離反応基の数を増す結果，蛋白鎖間の反応が行われ易くなつて骨骼構造の生成が促進されると共に，前に述べた様に肉蛋白の水和も増進されるためと考えられる。次に過剰の変性剤の存在の下で一旦 J. S の高い正規の坐りを生じこれが時間の経過と共に弾力及び J. S を次第に失い脆くなつてゆく現象であるが，この後半の反応は過剰に存在する変性剤によつて，一旦出来たゲルの骨骼構造の形成に与つている結合が切れるものと考えられる。但し若しそうだとすると何故過剰の変性剤の存在という同じ条件の下で反応の前段では弾力が強く J. S の高いゲルが出来るかが問題となる。しかしこれは過剰の尿素又は G-HCl の存在の下でも混和擂潰後相当の間 J. S が増していること（実験2）からわかるように，これらの有機変性剤が水素結合を切る反応速度の小さいため，変性剤が結果的には過剰に存在していても反応の初期に実際に蛋白と反応する量は小さいと考えれば説明しうる。尿素の場合，2.5M では 6~8 時間，6.0M では 2~4 時間，G-HCl の場合には 1.5M では 2 時間，3.0M では 1 時間と変性剤濃度が増すと J. S の増加しうる時間が減りしかもえられる最高 J・S はどの場合も殆ど同じであることはこの考を支持するものといえよう。

又 CNS^- による脆い坐りが細かい粒子の集合した様な組織をもつてゐる事及び始めから脆い坐として形成される時間的経過からみると CNS^- の蛋白変性作用が尿素，G-HCl に較べて強く且つ速いため蛋白がゲルの骨骼構造を形成し得ない様な変性を受けたのではないかとも想像される。

過剰の尿素又は G-HCl の存在する場合，一旦生じた弾力のあるゼリーが脆くなつてゆく時間的経過とこれらの変性剤が水素結合を切る作用のあることから水素結合がゼリーの骨骼構造を形成する蛋白鎖間の結合の主なものではないかと推論される。

以上の事から間接的であるが弾力の強いゼリーを形成する為には前報で明かにした水和という要因の他にゲルの骨骼構造の形成が大きな役割をなしている場合のある事が推論しうると思う。

摘　　要

1. マアジ肉を用いて水素結合を切る蛋白変性剤である尿素，G-HCl の坐りに対する影響をみた。

2. 尿素は水分/蛋白=3/1 では 0.75~1.0M 濃度で坐りを起し 1.5~2.0M では弾力のあるしなやかなゼリーを形成するが 2.5M 以上では坐つた肉は脆くなる。水分/蛋白が大きくなるにつれ低濃度の尿素で水を遊離し，又 J. S も急激に低下する。

3. G-HCl は水分/蛋白=3/1 では 0.2~0.3M 濃度で坐りを起し濃度がますにつれ弾力のある J. S の高いゼリーをつくるが，0.75~1.0M 以上では脆い坐りとなる。水分/蛋白が大きくなるにつれ坐つた肉の J. S は急速に低下し，低濃度では水を遊離する。

4. 尿素，G-HCl による脆い坐りはその性状，生成の時間的経過からみて I^-，CNS^- による脆い坐りとは全く異なる。

5. 以上の事から弾力の強い J. S の高い坐りには前報で明かにした肉蛋白の水和の増進という要因の外にゲルの骨骼構造の形成の必要な事を推論した。

文　　献

1) 右田・岡田：日本水産学会誌 18，117 (1952).

2) 〃　　〃　　18，159 (1952).

3) 例えば　水島：物理化学 IV, 1027 共立出版 (1949).
JOHN D. FERRY : Advances in Protein Chemistry IV, 1 (1948).
4) EDSALL & MEHL : *J. Biol. chem.* **133**, 409 (1940).
5) 松本・新井：日本水産学会誌 **17**, 377 (1952).
6) HAUROWITZ : "Chemistry and Biology of Proteins" p. 130 Academic Press N. Y. (1950).
7) GREENSTEIN : *J. Biol. Chem.* **125**, 501 (1938).

かまぼこの足について—I.
足の測定

志水　寛・清水　亘
（京都大学農学部水産学教室）

Studies on Jelly-strength of Kamaboko—I.
Estimation of Jelly-strength of Kamaboko.

Yutaka SHIMIZU and Wataru SIMIDU.

For the purpose of showing "Asi" or the jelly-strength of "Kamaboko", a kind of fish cake, we designed by the way of experiment an apparatus with which the strain for a piece of fish-cake is measured when it is ruptured by stretching in the constant rate of load.

Seventeen sorts of fish cakes gathered from several countries were used for experiment with that instrument and the relations among strain L, stress F and jelly-strength X were observed. The result is as follows :

$$X=4.28 \cdot \log F+9.10 \cdot \log L+0.02$$

かまぼこの品質は香味，外観及び足によつて決り，なかんずく足は品質鑑定上最も重要な要素である。足の強さは押したり，引張つたり，曲げたり，噛んだりして判断しているが，これを客観的に表現する方法が見出されれば，かまぼこを研究する上に甚だ便利である。

清水・竹林[1]はさきに plunger をかまぼこの表面に押しつけてそれを破断し，それに要する力を以て足の強さを表わし，同時に表面が破断する時それが凹む深さを柔かさとして製品の品質を比較した。この方法で足の強さをかなりよく表わすことが知られたが，しかし足の強さを表わすには破断応力のみでは十分でなく破断時における表面の伸びがむしろ重要な要素になると思われる。即ち柔かさを表わすのに用いた凹みの深さは単に柔かさを表わすばかりでなく，足の強さの要素として取り入れるべきであろう。また plunger によるこの方法では破断時の終点がやや不明瞭を欠くきらいがある。本報では一定の太さのかまぼこ片を引き伸ばし，その破断時における破断応力と伸びを測定して考察を与えることにした。

最近松本・新井[2] も清水等と同様の方法により，足を凹みの強度と破れの強度との2種に分けて測定した。"凹みの強度は plunger がかまぼこの表面を押しつつ，一定の距離を沈下するために要する荷重により"，"破れの強度は plunger が充分にかまぼこの表面を押し込み，かまぼこが裂けて plunger が速かに降下するときの荷重によつて比較" した。この場合破れの強度は破断時における破断応力に相当し，凹みの強度は応力と凹みの関係，即ちヤング弾性率に関係する。本報ではそれらの点についても考察を試みた。

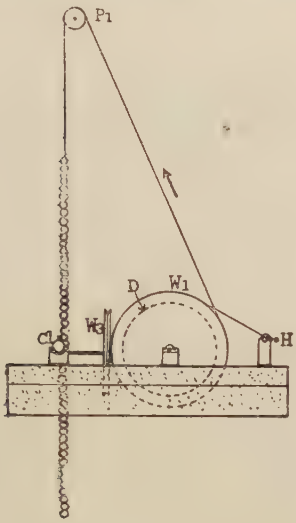
実験方法

測定のために Fig. 1 の如き装置を考案した。試料は Fig. 2 の A の如き木型を作り，これに擂身をつめて加熱して作つた。その形は従つて B の如くになる。試料 S の両端をつまみ（Clip）Cl ではさみ，引き伸ばすのであるが，つまみの部分も伸びるおそれがあるので，それを防ぐためにつまみの端を少しく曲げ

1953 年5月 25 日受理（印刷費負担）

て爪を作り，試料の太い部分の端に掛けるようにした。

試料の一端を固定し他端を糸で鉛鎖Cに連結する。一定速度でハンドルHを廻すと鉛鎖が下降してドラムDを廻転すると同時に試料に荷重が加わる。それに応じて試料は歪み(伸び)を生じ，それが拡大されペンによ



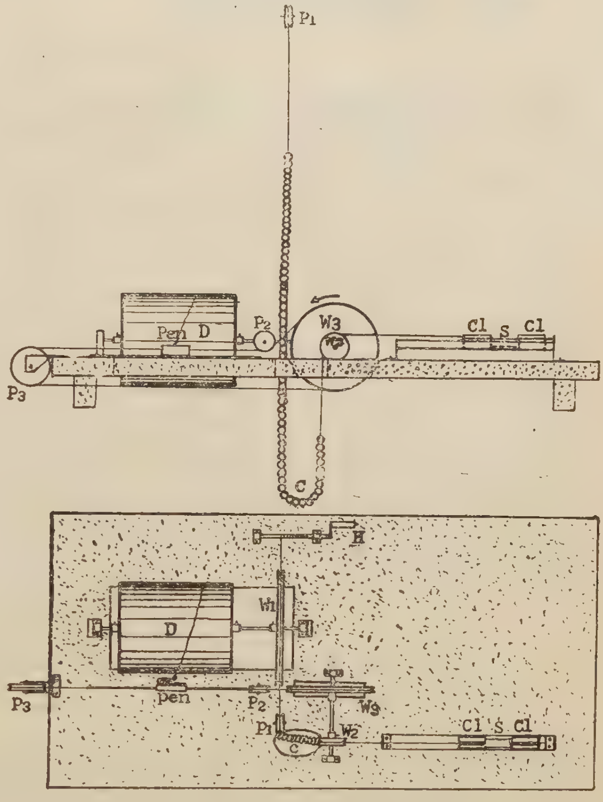


Fig. 1 The apparatus for measuring the jelly-strength of fish cake : C : Lead chain, Cl : Clip, D : Drum, H : Handle, P_1–P_3 : Pulley, S: Sumple piece, W_1–W_3 : Wheel.

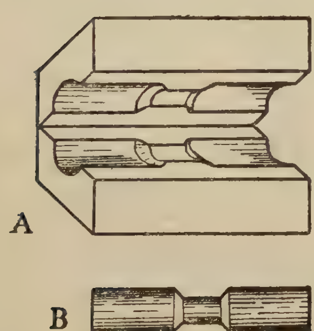


Fig. 2 The mould (A) with which the sample (B) is prepared.

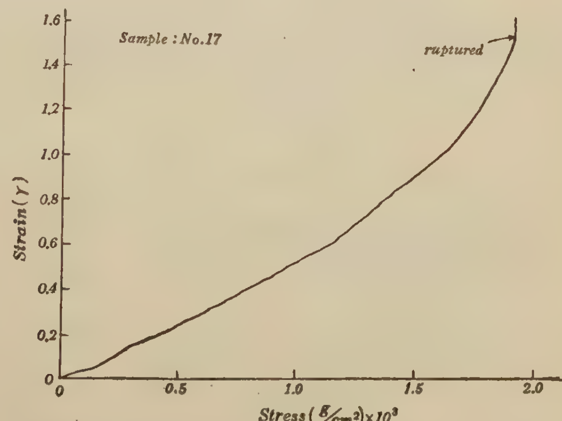


Fig. 3 An example of the stress-strain curve.

つてドラム上の紙に自記される。荷重速度は大体 80 g/cm², sec になるようにハンドルを廻転させた。結果の例をあげると Fig. 3 の如くである。初め荷重の増加に比例して歪が増して行くが，弾性限界を過ぎると応力一歪曲線は図の如く彎曲し，更に荷重を増すと遂に破断するに至る。その時の応力と伸びを図から求め，ヤング率は始めの直線部分の傾きから計算した。

実験結果

本装置によつて求めた破断応力 F，破断伸張 L 及びヤング率 E がどれ位の精度をもつかを調べるために，スケソウの摺身で8箇の試料を作り，それぞれの実験誤差を求めた。その値を示すと Table 1 の如くで，まず満足すべき精度であることが知られる。

Table 1. The probable error for the experiments.

No.	$F(g/cm^2)\times 10^3$	Δ_F	$L(l/l_0)$	Δ_L	$E(g/cm^2)\times 10^3$	Δ_E
1	1.462	0.018	1.26	0.03	1.17	0.12
2	1.443	−0.001	1.27	−0.02	1.35	0.06
3	1.387	−0.057	1.21	−0.08	1.25	−0.04
4	1.490	0.046	1.26	−0.03	1.35	0.06
5	1.475	0.031	1.24	−0.05	1.33	0.04
6	1.481	0.037	1.35	0.06	1.28	−0.01
7	1.433	−0.011	1.27	−0.02	1.28	−0.01
8	1.377	−0.067	1.46	0.17	1.35	0.06
Mean	1.444		1.29		1.29	
μ	0.042		0.08		0.06	

Δ : The difference between the observed value and the mean value.

$$\mu^2=\frac{1}{n-1}\ \Sigma(\Delta^2)$$

次に市販かまぼこについて測定を行つた。かまぼこを縦の方向に直径 2 cm の円柱に抜き，更に中央部を長さ 1.5cm，直径 1cm になるように削つて Fig. 2, B と同形のあれい状となし試験に供した。試料は横浜，小田原，京都，大阪，下関，宇和島，新潟の代表的7業者から 17 種類を集め，その弾性変形の測定と同時に各製品を触感によつて A，B，C の3級に大別し，A級の中特にすぐれた足をもつものを A* として区別した。結果は Table 2 の如くで，数値は 3～6 回測定の平均値である。

考　　察

まずヤング率 E の値と足の強さとの関係を調べてみる。触感によつて判定した A*, A, B, C の4階級にそれぞれ 4, 3, 2, 1 なる値を与え，グラフに表わすと Fig. 4 の如くになる。この結果は足の強さと E との間には明かな関係が認められないことを示す。

しかしこれを産地別に小田原式，関西式，山口・宇和島式に大別して見ると，一般に小田原式は E の値が小さく，関西式は値が大きい。そして山口・宇和島式は例外はあるが，大抵その中間に位するように見える。このように産地の特徴がヤング率に現われていることは興味がある。

次に Table 2 に見られるように，かまぼこの足は破断応力 F 及び破断伸張 L の一方だけで規定されるのではなく，その両者が同時に関係していることが窺われる。今 F を横軸に L を縦軸にとつてグラフを書いてみると Fig. 5 の如くになり，F と L との組合わせによつて等級がきまるように見える。ここに

Table 2, The strain and stress of fish cakes when they are ruptured by stretching, and Young's modulus calculated from their stress-strain curves.

No.	Sample	Classification	$F(g/cm^2)\times10^3$	$L(\Delta l, l_0)$	$E(g/cm^2)\times10^3$
1	小　田　原	C	1.06	1.19	0.97
2	〃	B	1.27	1.37	1.08
3	横　　浜	B	1.52	1.38	1.27
4	小　田　原	A	1.89	1.72	1.34
5	横浜（関西式）	C	1.62	1.00	1.87
6	大　　阪	B	1.61	1.40	1.64
7	京　　都	B	1.56	1.34	1.56
8	〃	A	2.15	1.31	2.03
9	大　　阪	B	1.55	1.28	1.59
10	〃	A	1.93	1.65	1.70
11	宇　和　島	C	1.52	1.12	1.80
12	〃	A*	2.63	1.66	2.13
13	〃	A	1.73	1.44	1.70
14	下　　関	A	1.75	1.56	1.44
15	〃	A*	2.10	1.82	1.46
16	新　　潟	C	1.55	1.17	1.95
17	〃	B	1.91	1.48	1.92

A*s are judged to be the upper class than A.

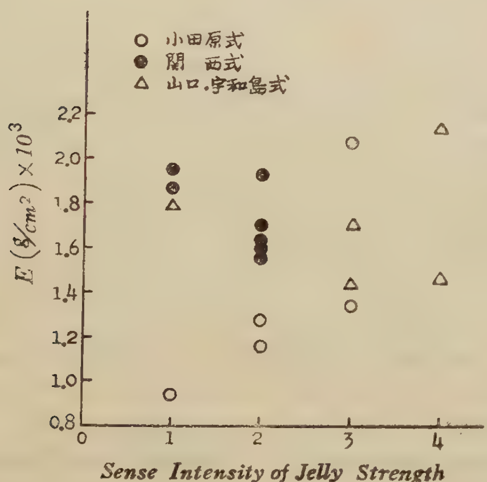


Fig. 4 The relation between the jelly-strength judged by the sense and Young's modulus of elasticity.

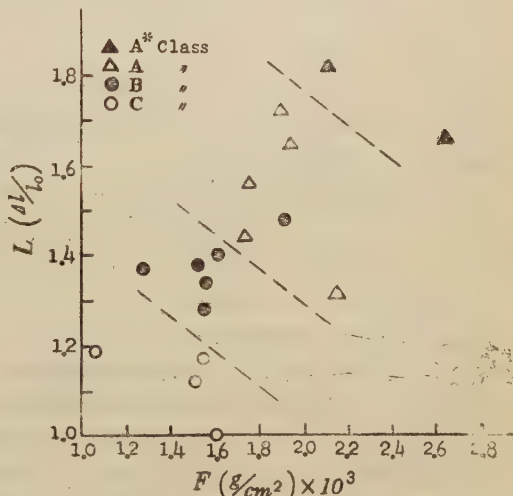


Fig. 5 The relations among the jelly-strength judged by the sense, the stress F and the strain L when the sample is ruptured.

1例だけA級区へB級が入つているが，これは足の強さはA級に入れられるべきであつたが，味が劣つていたので錯覚的にB級と判定されたのである。

さて今足の強さを X で表わし，等級 A*，A，B，C にそれぞれ 4，3，2，1 なる値を与えて実際に X と F，L 及び E との間の相関をみてみる。X と F，X と L 及び X と E との相関係数を，それぞれ r_{XF}，r_{XL} 及び r_{XE} とすれば，

$$r_{XF}=0.629,\quad r_{XL}=0.886,\quad r_{XE}=0.146$$

となり，足の強さ X は E とは関係が薄く，F と L，特に L とは密接な相関関係にあることが知れろ。

次に三次元空間における点 (X_i, F_i, L_i) の分布を考えてみる。F と L との関係によつて X が決つていると仮定すると，これらの点はある一つの平面で代表されるであろう。そこで X の F，L への回帰方程式を求め，次いでこの平面の周りにおける点 $(X,\ F,\ L)$ の標準偏差及び重相関係数を求めてみた。Table 1 から X，F，L の平均

$$\bar{X}=2.29,\quad \bar{F}=1.73,\quad \bar{L}=1.41,$$

X，F，L の標準偏差

$$\sigma_X=0.9557,\quad \sigma_F=0.2755,\quad \sigma_L=0.2175,$$

XとF，XとL，FとL の相関係数

$$r_{XF}=0.629,\quad r_{XL}=0.886,\quad r_{FL}=0.545$$

が与えられる。X の F，L えの線状回帰方程式を

$$X=\bar{X}+\beta_1(F-\bar{F})+\beta_2(L-\bar{L})$$

とすれば，

$$\begin{cases} \beta_1=\dfrac{r_{XF}-r_{XL}\cdot r_{FL}}{1-r^2_{FL}}\cdot\dfrac{\sigma_X}{\sigma_F}=0.7205 \\[2ex] \beta_2=\dfrac{r_{XL}-r_{XF}\cdot r_{FL}}{1-r^2_{FL}}\cdot\dfrac{\sigma_X}{\sigma_L}=3.3936 \end{cases}$$

であるから，上式は

$$X=0.72F+3.39L-3.74 \cdots\cdots (1)$$

となる。この平面の周りにおける点 (X, F, L) の標準偏差を $\sigma_{X\cdot FL}$，重相関係数を $r_{X\cdot FL}$ とすれば，それぞれ，

$$\sigma_{X\cdot FL}=\sigma_X\sqrt{1-r^2_{X\cdot FL}}=0.4141$$

$$r_{X\cdot FL}=\frac{\sqrt{r_{XF}(r_{XF}-r_{XL}\cdot r_{FL})+r_{XL}(r_{XF}-r_{XF}\cdot r_{FL})}}{\sqrt{1-r^2_{FL}}}$$

$$=0.9012$$

となり，かなりよい相関が得られる。

しかし Fechner によると人間の感覚は刺戟強度の対数に比例するという。そこで点 $(X_i,\ \log.F_i, \log L_i)$ の場合について上と同様にその回帰方程式を求めると，

$$X=4.28f+9.10l+0.02 \cdots\cdots (2)$$

となる。ここに $f=\log F$，$l=\log L$ である。この平面の周りの点 (X, f, l) の標準偏差及び重相関係数はそれぞれ，

$$\sigma_{X\cdot fl}=0.33,\quad r_{X\cdot fl}=0.937$$

となり，足の強さは F 及び L の対数をとつて表わした方がより高い相関を示すことが知られる。

このようにして得られた回帰方程式 (2) に f，l の値を入れて X を計算すると Table 3 の $X_{(2)}$ の如くなる。比較のために式 (1) から計算した値を $X_{(1)}$ としてあげておいた。

Table 3. The relation between the quality of kamaboko and the result calculated from our expression.

No.	Locality	Classification	X(2)	X(1)	Material	Starch	Cooking method
12	宇和島	A*	3.82	3.78	エソ	−	Steaming
15	下関	A*	3.77	3.94	エソ	Trace	Broiling
4	小田原	A	3.35	3.45	シログチ	−	Steaming
10	大阪	A	3.22	3.24	エソ・ニベ・ハモ・イカ	−	Broiling
14	下関	A	2.82	2.81	エソ	−	〃
17	新潟	B	2.77	2.65	スケソウ	+	Steaming
8	京都	A	2.51	2.25	シログチ・クログチ・ハモ・サメ	+	〃
13	宇和島	A	2.48	2.39	エソ	−	Broiling
6	大阪	B	2.23	2.17	ニベ・ハモ・グチ・エソ・サメ・イカ	+	Steaming
3	横浜	B	2.07	2.03	シログチ	−	〃
7	京都	B	2.00	1.93	シログチ・クログチ・雑魚	+	〃
9	大阪	B	1.81	1.72	エソ	−	〃
2	小田原	B	1.71	1.82	シログチ・クログチ	+	〃
16	新潟	C	1.46	1.34	スケソウ	+	〃
11	宇和島	C	1.25	1.15	エソ・カナガシラ・グチ	+	〃
5	横浜	C	0.92	0.82	キングチ・ハモ・シログチ	+	〃
1	小田原	C	0.82	1.06	クログチ・スケソウ	+	〃

X（2）: Calculated from expression（2）
X（1）:　〃　〃　〃　（1）

この表は $X_{(2)}$ の値の大きい順に並べてみたが，この順序は市販価格ともかなり符合している。ただし市販価格は足ばかりでなく他の要素にも支配されるから例外なく一致することを望むのは無理である。また表中1例だけB級に高い X の値を示すものがあるが，これは前にも述べた通り誤つて判定されたもので，実際はA級に入れるべきものであつたのである。

表で見ると最も足の強いかまぼこはエソ及びシログチを原料としたものに占められている。もちろんそれも新鮮であることが条件であつて，下関や宇和島のエソかまぼこが高位にあるのはエソの産地に近いためであろう。同じくエソやシログチのような強足魚類を原料としたものでも，下位にあるものもあるが，主として原料の鮮度が原因していると解せられる。逆にスケソウは最悪原料と考えられているにかかわらず，新潟の製品（No. 17）にかなりよい足をもつものが見られるのは，原料が新しいからであろう。

下位のものに澱粉を混入したものが多いが，これは澱粉のために足が落ちたのではなく，弱足原料又は鮮度の低い原料を使用したためと考えられる。澱粉混入の影響は足の強さよりも弾性常数 E に関係するのではないかと思えるが，今後検討してみたい。加熱方法も製品の足に影響をもつはずで，それを立証するかの如く上位のものに焼抜が多いが，しかしこれは焼抜には上質原料が使用されるので，直ちに加熱方法が原因するとは断定出来ない。ただ山口式は緩慢加熱法がとられるので，その間に擂身の坐りが起り，そのために一層足が強くなることを考慮に入れてよいであろう。

要　　　約

1.　かまぼこの足の強さを表わすために，一定の太さの肉片を定荷重速度で引きのばして破断せしめるときの弾性変形を測定する装置を試作し，全国から 17 種のかまぼこを集めて実測し考察を加えた。

2.　破断応力を F，破断伸張を L とすれば，足の強さ X は，

$$X=4.28\log F+9.10\log L+0.02$$

なる式によつて表わし得ることを知つた。

3.　17種のかまぼこにつき観察し，足の強さは魚種及び新鮮度によつて著しく異ることを推察した。

本研究は文部省科学研究費による業績の一部である。また測定値の統計学的取扱いに関して有益な示唆を与えられた川上太左英助教授，装置の製作に御助力を頂いた山田秀雄，実験に御協力を頂いた池内常郎，試料の蒐集に御尽力を仰いだ小谷権六，田辺藤作，池内豊三，鈴木広吉，堀川兵三郎，古田幸助，新野修三，田中金雄，上野豊の諸氏に深く謝意を表する。

文　　　献

(1)　清水亘・竹林靖：水産製造会誌，**3** (2)，63，(1935).

(2)　松本重一郎・新井とみ子：日本水産学会誌，**17** (12)，377，(1952).

水産皮革の理化学的研究—VIII.
魚皮革の耐熱性に就いて（其の三）

高橋豊雄・田中武夫
（東海区水産研究所）

Physico-chemical Studies on the Skin and Leather of Marine Animals—VIII.
On the Heat Stability of Fish Skin and Lather (3)

Toyo-o TAKAHASHI and Takeo TANAKA

The purpose of the present work is to obtain essential scientific knowledge on which basis an efficient method may be established for manufacturing leather or glue from the fish skin. With this view in mind, we measured the shrinkage temperature (Ts) of the animal skin. Specimens of which skins were employed as the test pieces included 44 different species of fish, four terrestrial animals, and whale, as shown in Table 4 with the results obtained therefrom.

It was found that Ts of fish skin is independent of the body weight of a sample. Questions such as from what part of the skin, or at what angle, a test piece is cut out, do not seem to have important bearing with Ts (cf. Table 1—3, and Fig. 1).

As obvious from Table 4, Ts of fish skin is considerably different among species. It is interesting to note, however, that Ts of fish skin is lower than that of terrestrial animals, and that the skin collected from cold water fishes, on the whole, has Ts lower than that of species living in warm water. Ts of the skin have no relation to swimming mode and size which are different among various fishes.

Because of a wide range of Ts in degree depending on species as mentioned above, a fish skin must be properly treated according to its specific Ts, as far as the view held by Gustavson[1] is acceptable. In other words, a skin must have its own tannery process depending on whether it was collected from a terrestrial animal, warm water fish, or a cold water habitant. And the same may be said with the glue manufacture.

1) "Advances in Protein Chemistry", Vol. 5, pp. 353 (1949).

序　　論

古くからコラーゲンを水中で加熱すると収縮する事が一般に知られているが，最近の高分子化学的考えに依ると，コラーゲンが水中にて熱収縮するのは多分水和している微結晶が融解するためであろうと言われ[1)2)]又更に熱力学的に不安定な繊維状の微結晶構造が分子の散乱，屈折した安定な構造になるものであろうとも考えられている[3)]。亦コラーゲンが加熱されるとその polypeptide 鎖間に存在して微結晶構造を支えている側鎖結合が開裂して，その微結晶構造が破壊するのであつて，この様に加熱によつて開裂する側鎖結合は

1953 年 4 月 30 日受理（印刷費負担）
東海区水産研究所業績第 112 号

水素結合であろうと言われている[4]。

Gustavson[4] は魚皮は牛皮に比して低温度で熱収縮を開始する事を認め，その理由として牛皮コラーゲンに於てはその polypeptide 鎖 に存在する peptide 結合が polypeptide 鎖 の相互間に水素結合を形成してその微結晶構造を強化しているが，魚皮コラーゲンの peptide 結合は前者の様に多くの水素結合を作らず，従つてその微結晶構造が不安定であるためであると言つている。

この様に皮の熱収縮を開始する温度の高低は，皮を構成するコラーゲンの polypeptide 間の側鎖結合の数及び性質に関係するようである。而して Gustavson によると，この側鎖結合はその皮の膨潤，酵素に対する性質，鞣製剤に対する性質等に影響するものであると云う。従つて若しも Gustavson の言う事が事実であるならば，皮の熱収縮温度*（以下 Ts と略記する）の高低は製革作業に於ける皮の取扱方法について重要な指示を与えるものと考えられる。即ち保蔵，石灰漬，もどし処理，鞣製等の作業方法はその皮の Ts を参照して処理するのがよいと思われる。更に亦常俊[5]，菊地[6]，大谷[7] 等の実験結果を参照して考えると，Ts の高い皮程それから作つたゼラチンの性質が良好である。即ちゲル化温度が高く，又ゼリー強度も大である。この事から皮の Ts の高低はその皮のゼラチン原料としての適否を示すものと考えられ，又大谷[7] 等の実験結果から考えると，Ts の高低はその皮からゼラチンを製造する際の方法をも指示するものと云えるようである。

種々の獣皮の Ts が多くの人々[8) 9) 10] によつて測定され，60～68°C の値が報告されている。魚皮の Ts については Gustavson [11] がマダラ皮及びウナギ皮の Ts が夫々40～45°C 及び 58°C であると報告し，亦著者も先にヨシキリザメ皮（52°C）[12]，ホシガレイ皮（48°C）[12]，モウカザメ皮（52～53°C）[13]，セイゴ皮（55～56°C）[13] の Ts を測定報告した。

従つて前記の Gustavson の考えに依ると魚皮は当然獣皮と異つた製革及び製膠方法を行うべきであり，又魚皮にても Ts の高低によつてそれ等の処理方法に差異を設けるべきである。

著者等はこの様な考えから，多くの種類の魚皮についてその Ts を測定し，魚皮の製革及び製膠方法に対し何等かの指針を得たいと考えて本実験を行つた。

実　　験

先に著者等[13] は魚皮の Ts を測定する際，その試料の取扱方法について幾つかの注意すべき事を知つた。即ち試料は新鮮である事，漁獲後短時間内に測定出来ない時は氷蔵するか或いは冷アセトンにて脱水する事，又アセトン脱水したものは Ts に影響する事なく 3 週間程度は保存出来る事等を確めた。

而して尚試料魚の大小，試料切片を魚体から切りとる際の部位及び切片を作る際に体軸に対し切片の長軸（Ts の測定に際し収縮の生ずる方向）の切り取られる方向等が Ts の測定に影響する事も一応考えられる。試料を採取する際これらの影響の有無を知つておく事が必要と思われるので，先づこの点を確める事とした。尚 Ts の測定方法は著者等が先に報告したもの[12] に若干の改良を加えた方法である。

(1) 魚体の大小と皮の Ts の関係

同一魚種でもその魚体の大小が異るとその魚体成分に種々の相違が生じる事が知られている。皮の Ts については魚体の大小はどの様に影響するであろうか。

東京湾産の新鮮なセイゴを実験材料としてこの点を確めた。得た結果は第 1 表の如くである。

表記の結果について魚体重と皮の Ts との標本関与率を計算すると 0.04 となり，同一魚種に於ては魚体の大小と Ts との間に関係はないようである。

---

* 一般に皮を水中に浸漬し次第に水温を上昇させ，皮が収縮し始めた時の温度をもつてその皮の耐熱性を表示し，この温度をその皮の熱収縮温度と称している。

Table 1. The relation between body weight and Ts of fish skin (Common sea bass ……"Seigo").

Sample No.	Body weight, g.	Ts of skin, °C.
1	143	54.7
2	188	55.1
3	189	53.4
4	212	52.9
5	326	54.2
6	345	54.6
7	446	52.7
8	648	54.6

(2) 魚体部位による皮の Ts の差異

牛皮についてはその組織の緻密であるか否かに依つて Ts に多少 (2～3°C) の差異があると云われている[4]。小型の魚についてはこの点に就いて問題は起らないが，大型の魚にては試料片を部位を定めて切りとる必要があるか否かという事が問題となる。

この事をヨシキリザメ皮* 及びブリ皮** を用いて検した。測定結果は第2表の如くである。

表記の様に部位が異ると 2～3°C の差異がありそうにも見え，特にブリでは尾皮は背皮及び腹皮に比して低い様であるが，このブリ皮についての結果を分散分析すると $F=4.0\,[F(0.05)^5_3=4.46]$ となり Ts は部位の違いによつて差異を表わすとは云えない事が解る。

Table 2. The effect of locality on Ts of fish skin.

Species of fish	Location	Ts of skin, °C.
Yellowtail (Buri)	Dorsal skin	49.6, 50.0, 50.5, 50.5
	Ventral skin	48.2, 50.2, 51.5, 51.9
	Tail skin	47.9
Great blue shark (Yoshikirizame)	Dorsal skin	50.0, 50.3, 51.0
	Ventral skin	49.5, 50.0, 50.5
	Tail skin	51.0

斯くして魚皮から試料片を切りとる際には一応部位を定める事はよいと思われるが，余りこの事に拘泥する必要はないようである。

(3) 試料片の切りとり方の Ts に対する影響

魚皮は平行に並んだ繊維の膜がその繊維の並列方向を略々直角になるように次々に重り合つて出来ているから，試料片を原皮から切りとる際にその長軸の方向と繊維の並列方向の間に色々の組合せが出来る。この様に試料片の長軸に対する繊維方向が異ると，その皮の熱収縮状態に差異が生ずる事が考えられ，この熱収縮状態の差異がその皮の Ts の測定結果に影響する場合もありそうに思われる。

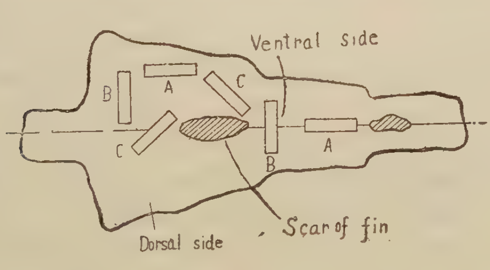


Fig. 1 Cutting of test pieces from shark skin.

ヨシキリザメ皮を用いてこの点を確めた。即ち第1図の様に試料片を切りとり夫々の Ts を測定した。

得た結果は第3表の如くで，試料片の切りとり方による影響は認められなかつた。

(4) 種々の魚類の皮の Ts

過去に得た結果から冷水棲息魚類の皮が温水棲息魚類のものよりも Ts が低いのではなかろうかと予想し，この考えを確める事の出来るように試料を採取した。尚第3報[13] の結果を参照し，研究室にて新鮮な状態で入手出来たものは直ちに測定し，遠隔の地から持ち持ち帰る際には氷蔵しうる便のある場合以外はアセト

* 後記する試料（Ⅵ）に属す

** 後記する試料（Ⅳ）に属す

Table 3. The effect of cutting on Ts of shark skin (Great blue shark…… "Yoshikirizame").

Cutting direction§	Ts of shark skin, °C. Dorsal skin	Ventral skin
A	51.0	50.5, 50.5
B	51.0	49.5
C	50.3, 50.0	49.5, 50.0

§……cf. Figure 1

ン脱水* して持ち帰つた。

測定に供した試料は次の如くである。

試料(Ⅰ) これらは試料(Ⅱ)及び(Ⅲ)と共に冷水棲息魚類を目的として 1948 年 12 月中旬岩手県宮古市沖に於て底曳網にて漁獲したものを7日間完全に氷蔵し，その後剝皮し，アセトン処理を行つたものである。

試料(Ⅱ) 1949 年 5 月上旬同じく宮古沖(水深 100~350 m，水温 3~7°C)にて漁獲したものを漁獲後 10 時間前後にて剝皮し，アセトン処理を行つた。

試料(Ⅲ) 1953 年3月上旬新潟市沖にて漁獲したものを一昼夜 0°C に貯蔵した後剝皮し 0°C に保蔵し，2~3 日後に Ts を測定した。

試料(Ⅳ) これらは温水棲息魚類を目的として採集したもので，1950 年3月上旬静岡県賀茂郡下河津村沖(水深 40 m，水温 13.5°C)に於て大敷網にて漁獲されたものを漁獲後直ちに剝皮し，アセトン処理を行つた。

試料(Ⅴ) 温水性淡水魚としてコイ，フナ，ウナギを選んだ。これらは 1950 年 3 月上旬東京築地の川魚商より活魚を入手し，死後直ちに剝皮し，直ちに Ts を測定した。

試料(Ⅵ) ニジマスは冷水性淡水魚として選んだもので東京都の多摩養鱒場にて死直後剝皮し，アセトン処理を行つた。

セイゴ，ボラは温水性魚類として用いたもので，東京湾にて漁獲された鮮度のよいものを剝皮し，直ちに Ts を測定した。

アイザメ，モウカザメ，ヨシキリザメ，ホシガレイは鮮度は良好と認められたが経歴は不明であつた。

牛，豚は屠殺，剝皮後直ちに防腐冷蔵した皮を2ケ月後に測定した。兎は死後2日経過したものの皮，トノサマガエルは死直後の皮について Ts を測定した。

長須鯨は南氷洋産の塩蔵皮** である。

前記の諸試料について測定した結果を取纒めたものが第4表で，これは Ts の低いものから順次に記載した。

試料(Ⅱ)は冷水性の魚を目的として用いたものであるが，これらのうちの或ものはアセトン処理後の脱水皮を 0°C ではあつたが，実験の手違いの為比較的長期間放置した後に Ts を測定した。先に第3報に於いてアセトン脱水皮は 7~10°C にて3週間，Ts を変化する事なく保存出来ると報告したが，上記の試料(Ⅱ)の或ものは 0°C とは言え 60 日以上保存した後に Ts を測定した。従つてその値が死直後のものと幾分相違があるとも考えられる。これ等は第4表中 * 印を附したもので一応参考迄に表記した。

尚カナガシラ，ナガツカギンポ，スケトーダラ及びトラフグの4種について 0°C に 15~25 日間保存したアセトン脱水皮の Ts と，45~60 日間保存したものの Ts との差異を F 検定したが，$F_0=0.42$ 〔$F(0.05)^1_1=10.13$〕であつて，両者の間に差異はないようである。従つて 0°C に於てアセトン脱水皮は 60 日間 Ts

* 魚皮を剝皮後短時間冷水で洗滌し，10°C 以下のアセトンにて脱水し(脂肪の多い場合は更にこれをエーテルで処理する)風乾し，密封保存する。

** 第1報に記載した様に皮の Ts は塩蔵により低下するものであるから，本試料はこの点不満足のものである。然し第4表に見る如くこの試料にても約 61°C を示し，鯨皮が獣皮と同様な Ts をもち，魚皮に比し遥に高い事は解る。

Table 4. Shrinkage temperature (Ts) of the skins from different fishes an

Species	Date on collection §	Ts, °C.	Remarks §§
バラメヌケ Rockfish *Sebastodes baramenuke*	II	33.5～37.2	C
アブラツノザメ Dogfish *Squalus suckli*	〃	34.5～38.7	〃 *
アブラガレイ Arrow-toothed halibut *Atheresthes evermanni*	〃	35.0, 35.5	〃 *
ナガツカ (Nagatsuka) *Dinogunellus grigorjewi*	〃	36.1～39.7	〃
スケトーダラ Alaska pollak *Theragra chalcogramma*	〃	36.3～39.4	〃
〃	III	38.1, 38.6	〃
マガレイ Flatfish *Limanda herzensteini*	II	36.9	*
アイナメ Greenling seatrout *Hexagrammos otakii*	〃	37.3	〃
ババガレイ Slime flounder *Microstomus Achne*	〃	37.4～41.0	〃
ソーハチガレイ (Sôhachigarei) *Cleisthenes herzensteini*	〃	37.8, 38.3	〃 *
カナガシラ Gurnard *Lepidotrigla stauchi*	〃	38.3～42.1	〃 *
サメガレイ Shark-skin flounder *Clidoderma asperrimum*	〃	38.6, 39.0	
マダラ Cod fish *Gadus macrocephalus*	〃	38.7～42.5	C
〃	III	40.0	〃
イタチウオ (Itachiuo) *Brotula multibaratus*	II	39.2～41.0	〃
ホッケ Atka mackerel *Pleurogrammus azonus*	III	39.3, 39.8	〃
クサウオ (Kusauo) *Cyclogaster owstoni*	II	39.5	〃
アカガレイ Flathead flounder *Hippoglossoides dubius*	III	39.8	〃
アンコー Goosefish *Lophiomus setigerus*	II	40.2～41.7	
ムシガレイ Roundnose flounder *Eopsetta grigorjewi*	〃	40.2～42.9	
メイタガレイ Frog flounder *Pleuronichthys cornutus*	〃	40.5～40.9	C *
アイザメ (Aizame) *Dalatias atromarginatus*	VI	40.7～42.3	〃
オキギス (Okigisu) *Argentia semifasciata*	II	40.8, 41.0	〃
メダマガレイ (Medamagarei) *Dexistes vikuzenius*	〃	41.5～43.6	〃
ヤナギムシガレイ Flounder *Tanakius kitaharae*	I	42.3～43.2	
〃	III	42.9, 43.3	
ニジマス Rainbow trout *Salmo irideus*	VI	42.3～44.3	C
トラフグ Globefish *Sphaeroides rubripes*	II	43.8～46.2	

Species
ホーボー Sea robin *Chelidonichthys kumu*
オコゼ (Okoze) *Inimicus japonicus*
アサバガレイ (Asabagare *Lepidosetta mochigare*
ヒラメ (Hirame) *Paralichthys olivaceus*
〃
〃
ブリ Yellowtail *Seriola quinqueradiat*
チダイ Porgy *Evynnis japonicus*
〃
サバフグ (Sabafugu) *Sphaeroides spadiceus*
サバ Common mackerel *Scomber japonicus*
イサキ (Isaki) *Parapristipoma triline*
トビハゼ (Tobihaze) *Periopthalmus canton*
メジロザメ Ground shark *Carcharinus japonica*
モーカザメ Salmon shark *Lamna cornubica*
カワハギ Leather fish *Monacanthus cirrhife*
セイゴ Common sea bas *Lateolabrax japonicus*
ヨシキリザメ Great blue *Prionace glaucus*
ウナギ Eel *Anguilla japonica*
ボラ Mullet *Mugil cephalus*
トノサマガエル Frog *Rana nigranaculata*
フナ Wild goldfish *Carassius carassins*
コイ Carp *Cyprinus carpio*
豚 Pig *Sus scrofa var. dome*
兎 Rabbit *Oryctolagus cuniculus v*
長須鯨 Fin whale *Balaenoptera physalus*
牛 Cattle *Bos taurus var. dom*

§ I.……Taken from the depth of Pacific coast of Japan, December 1

II.……Ditto (Temperature of water, 3～7°C), May 1949

III.……Taken from the northern region of the Japan Sea, March 19

IV.……Taken from the Sagami Bay (Temperature of water, 13.5°C

V.……Brought alive from market

VI.……Date of collection omitted

errestrial animals.

	§ Date on collection	Ts, °C.	§§ Remarks
	IV	44.1, 45.2	
	〃	44.7～46.6	
	III	46.8, 46.9	
	I	47.0, 48.7	
	III	48.0, 48.0	
	II	48.1, 48.8	
	IV	47.9～51.9	
	II	48.9, 49.3	W
	I	50.4～51.7	〃
	IV	49.4～49.7	W
	〃	51.5～52.5	〃
um	〃	51.6, 52.2	〃
is	〃	51.8, 51.9	〃
	VI	52～53	〃
	〃	52.2～53.3	C
	IV	52.3, 52.4	W
	VI	52.7～55.1	〃
ark	〃	52～53.5	〃
	V	53.5～54.9	〃
	VI	54.2～55.7	〃
romacujata	〃	54.7, 54.8	
	V	55.1～57.0	W
	〃	55.9～58.2	〃
cus	VI	58.8～60.1	
domesticus	〃	59.6	
	〃	60.5～61.5	
cus	〃	61.9～62.9	

March 1950

を変化する事なく保存出来るものと考えられる。

上記の如く牛，豚，サメ，鯨及び * 印の試料を除いた他のすべての試料の Ts は，死直後或いは死後良好に保存されたものについて測定された値であるから，生体或いは死直後の皮の Ts を示すものと考えてよいと思う。

考　　察

第4表に記載したように魚皮の Ts はすべて獣皮のそれより低いが，又これら Ts はその種類によつて異り，コイ，フナのように Ts が獣皮のそれと殆ど同様な 60°C 近いものから，カレイ類のように 40° C 以下のものまで種々様々である。

これらの結果について魚皮を製革或いは製膠すると云う立場から考察し，更にこれら Ts の差異が魚類の外囲条件或いは魚類の性質とどのように関連するかについても二，三の考察を試みた。

(1) 熱收縮温度（Ts）より見た製革及び製膠に於ける魚皮の処理方法について

序論に記したように，GUSTAVSON は皮の Ts の高低は皮を構成しているコラーゲンの peptide 鎖 の間の側鎖結合の多少に基き，* 且コラーゲンに鞣剤，酵素等が作用する際には，この側鎖結合の少いもの程容易に作用すると考えている。若しも氏の考えが事実であるならば，Ts の低いものは高いものよりも鞣剤と反応し易く，酵素によつて浸され易いという結果を生ずる。又諸研究者[5, 6) 7)] の実験結果から，Ts の高い皮程良好なゼラチンを化成し，亦ゼラチンの製造条件，特に熱抽出操作は原料皮の Ts を考慮して行うのがよい様に思われる。従つて Ts が獣皮よりも低く且種類によつて多種多様である魚皮に於いては，その製革或いは製膠する際の取扱に充分なる考慮が必要であらう。

例えば戻し処理（ケラチン，エラスチン等を除く事を目的としてトリプシン製剤で皮を処理する作業）に際して，Ts の高い，従つて peptide 結合が封鎖されているものが多いと考えられる牛皮等にては，トリプシンの至適温度に近い 40°C 附近で処理してもコラーゲンが消化される様な事はないが，Ts の低い，従つて peptide 結合が遊離したまゝで存在するものが多いと思われる魚皮は，上記のような温度で処理するとコラーゲンが分解され，銀浮を生じ，又時には弾力性のない所謂腰のない革となる。尚魚皮の中でも比較的 Ts の高いヨシキリザメ皮にては上記の消化温度を 30～35°C にて行う事が出来るが，Ts の低いアイザメ皮及びタラ皮等にては 30°C 以上にする事は危険である**。

牛皮のように側鎖結合を多く有するものは，石灰漬により或る程度側鎖結合を開裂させて鞣剤との結合を促進する事も必要のように考えられるが，魚皮のように元々側鎖結合が少く，遊離の極性基が多量に存在すると考えられるものは，上記のような意味で石灰漬を行う必要はなく，石灰漬は共雑蛋白質の除去という事を目的として行われるべきであろう。

CHATER[8)] は小牛皮を8日間石灰漬すると，石灰漬前に 65°C であつた Ts が 50°C に低下する事を認め，又 HOBBS[10)] は牛皮を石灰漬すると当初 60°C であつたものが 50°C に低下するが，この石灰漬皮を水洗すると再び 58°C 以上に回復すると報告している。

このように牛皮にても石灰漬すると Ts は低下するが，石灰を除くと Ts は石灰漬前に近い値に回復するようである。ヨシキリザメ皮では著者が夏期（液温 20～24°C）及び春期（液温 14～17°C）に4倍量の 4%

---

* Ts の差異はこの様に分子の内部構造の差異によると考えられるが，魚皮の纖維組織は獣皮のそれに比して遙に簡単なものであるから，この様な組織の差異が Ts の高低に原因すると云う事も一応考えられる。然し魚皮同志の間でも Ts は相当異り，且組織の異るコイ皮の Ts と兎の皮の Ts が大約同様であると云う事を考えると，纖維組織の状態は Ts の高低に対し余り関係がないようである。

** この点については後刻詳細に報告する。

水酸化カルシューム懸濁液に浸漬し，一定日数後に水洗し，更に1%硫安溶液で処理し，再び水洗してその皮のTs を測定したが，その結果は第2図の如くである。

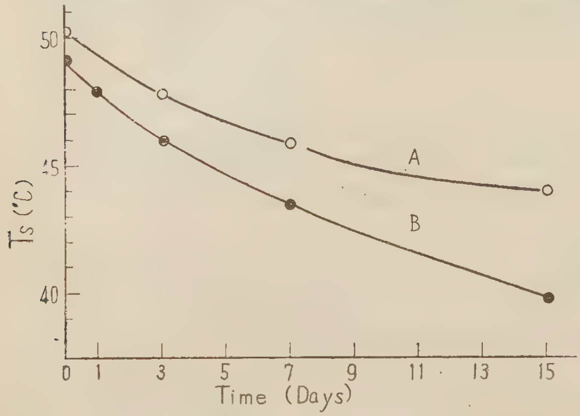


Fig. 2 Lowering of Ts of shark skin during the liming (Great blue shark…"Yoshikirizame").
Curve A……Temp. of lime liquor used, 14～17°C.
Curve B……Temp. of lime liquor used, 20～24°C.

この様にヨシキリザメ皮では，石灰漬後完全に石灰を除去しても尚石灰漬前に比してTs が低下し，特に夏期に於ては日数の増加と共に速かに低下する。夏期に 15 日間浸漬したもの（Ts…39°C）は表皮が毀損し，皮質が脆弱であつた。

これらの結果から，魚皮では石灰漬は短期間にすべきであり，ヨシキリザメ皮では夏期にて1週間，春期にて2週間を越えてはならない。

鞣製に際し，その初期に於いて急激な鞣しが生じる事は避けるべきで，特に細工物，靴甲革のような薄物革を目的として皮が鞣される場合には先ず収斂性の弱い稀薄な鞣製液に浸漬して鞣し始める事が必要である。もしも皮を最初から収斂性の強い濃厚な鞣液に浸漬すると，皮繊維の面が急激に鞣製され，繊維内部へ鞣剤が浸入し難くなり鞣製が不充分になる。この様な革は柔軟性に乏しい。

而してコラーゲン分子の極性基が側鎖結合をなして相互に封鎖し合う場合には，遊離の極性基の場合よりも鞣剤と結合し難いと云われている[4]。従つて魚皮を牛皮と同様な鞣液で鞣製すると，牛皮では前記のような表面に於ける急激な鞣しが生じない場合にも，魚皮では牛皮よりも遊離の極性基が多いと考えられるので，この初期に於ける表面の急激な鞣しが生じる憂が多い。従つて魚皮では牛皮の場合よりも収斂性の弱い稀薄な鞣液で鞣製を開始する事が必要である。この事は Ts の高い魚皮と低い魚皮との間にても同様の事が考えられる。即ち後者は前者よりも更に一層収斂性の弱い鞣液で鞣製し始めるべきである。

著者等は上記諸事項に注意して，Ts が約 43°C でクロム鞣しが困難であると云われているアイザメ皮を酸脱鱗し，一浴クロム鞣しを行い，良好なる革を作る事が出来た。

(2) 魚類の外囲条件及びその性質と魚皮の Ts との関係

第4表に見られる様に魚種によつてその皮の Ts は様々に異るが，この様な差異はどのような外囲条件或いはどの様な魚類自身の性質に関係しているのであろうか。これに関して若干の考察を行つた。

(a) 棲息水温との関係：

第1報及び第3報の二，三の結果から著者は棲息温度が皮の Ts に関係するという事を推測したが，第4表の多くの結果について見ると冷水性魚類（試料（Ⅰ）（Ⅱ）及び（Ⅲ）の大部分）はその皮の Ts が45°C 以下でその中には 40°C 以下のものもある。これに反して温水性魚類（試料（Ⅳ），（Ⅴ））は殆どその皮の Ts が 50°C 前後或るいはそれ以上である。かゝる結果は鹹水産のものについての結果であるが，淡水産のコイ，フナ及びニジマスの3種について上記の点につき，やゝ多数の試料を用いて検した。その結果は第5表の如くで，冷水性のニジマスは温水性のコイ及びフナに比しその Ts は明かに低温であつた。

此等の結果から魚皮の Ts はその魚類の棲息水温に関係し，棲息水温の高い魚の皮は Ts が高く，棲息水温の低いものはその皮の Ts も低いという事が云えるであろう*。

* 第4表に見る如くモウカザメ皮のみはこの点に関し例外であるが，その理由は解らない。

Table 5. The comparison among the Ts of skins of rainbow trout, wild goldfish and carp.

Species	Ts of skins, °C.
Rainbow trout (Nizimasu)	Sample 1…42.3, 42.6, 44.0
	〃 2…43.8, 44.0
	〃 3…44.0, 44.0
Wild goldfish (Funa)	Sample 1…55.2, 55.3, 55.3
	〃 2…55.4, 55.5, 56.2
	〃 3…56.0, 56.5
	〃 4…56.1, 56.3
	〃 5…56.2, 56.7
	〃 6…56.6, 57.0
Carp (Koi)	Sample 1…55.9, 56.3
	〃 2…56.0, 56.5
	〃 3…57.4, 57.5
	〃 4…57.7, 57.7, 58.1
	〃 5…57.8, 58.0
	〃 6…58.0, 58.0, 58.2

従つて東北，北海道方面の底曳網で漁獲される魚類の皮は概して Ts が低く，それを製革するには考察(1)に述べた注意を充分払うべきである。尚此等は製膠原料としては余り適当なものとは云えない様に思われる。一方南方海面の上層を遊泳するサメの皮等は，製革にも製膠にも魚皮としては良好な原料と云う事が出来るであろう。

(b) 魚型の大小との関係：

先に同一魚種にて体重の多少はその魚皮の Ts と関係がない事を認めたが，異種類の魚の間ではその魚型の大小と Ts との間にどの様な関係があるかを考察してみた。

第4表に於いて冷水性魚類の内，中程度の大さの魚類であるアブラツノザメ，アブラガレイ，カスベ，アンコー，アイザメの皮の Ts は大約 36～42°C で，他のすべての冷水性小型魚類のそれは大略 34～45°C であり，両者の間に明かな差異は認められない。又温水性のものでも大型魚類であるサメの皮 (52～53°C) は小型魚類のセイゴ (53～55°C)，ボラ (54～56°C)，トビハゼ (52°C) 等の皮と同様のように思われる。

斯くして所謂大型魚，小型魚という事は，皮の Ts の高低とは少くとも棲息水温に就いて認められたような明瞭な関係はないようである。

(c) 魚類の活動性との関係：

その魚類が活動性か否かという事が，その魚体組織の性質に関連する事も一応考えられるので，魚皮の Ts と魚類の活動性との関係を考察してみた。

サバ，イサキの2種をサバフグ，カワハギ，トビハゼの3種と比較（第6表参照）する事によつて解る様に，これらは棲息水温が大体同じであり，従つてその Ts も比較的近接するものであるが，その活動性という点に於ては大いに異る。又淡鹹の差はあるが，ニジマスとカレイ類についても同様の事が認められる。

従つて魚類の活動性という事は魚皮の Ts には無関係なものと考えられる。

摘　　要

1) 魚皮の Ts はその試料片を切りとつた魚体の部位，その試料片を切りとる方向及びその魚体重量（同種間の）には無関係である。

2) 48種類の魚類についてその皮の Ts を測定したがその値は多種多様で最高はコイ皮の 55.9～58.2°C，最低はアブラガレイ皮の 35.0～35.5°C であり，すべて獣皮の Ts よりも低かつた。

3) 異種類の魚類がその皮の Ts を上記の如く異にするのは，それら魚類の棲息水温の高低と関係し，冷水性魚類の皮の Ts は温水性魚類の皮のそれに比して低い。

Table 6. The relation between the swimming mode of fish and Ts of the skin.

Species	Ts of skins, °C.
Fish swimming speedy	
Saba…Common mackerel	51.5 52.5
Isaki	51.6, 52.2
Fish swimming slowly	
Sabafugu	49.4 48.7
Tobihaze	51.8, 51.9
Kawahagi…Leather fish	52.3, 52.4

4) 皮の Ts の高低はその皮の製革及び製膠方法を指示するものと考えられ，従つて北海道，東北方面で底曳網にて漁獲される魚類の皮（概して Ts の低いもの）は製革及び製膠に際しては慎重なる注意が必要である。一方南方海面の上層を遊泳するサメの皮等（Ts の比較的高いもの）は製革にも製膠にも魚皮としては良好な原料と考えられる。

5) Ts の高低は魚型の大小（異種間の）及びその魚の活動性には無関係である。

終りに臨み本研究に際し御助言を賜つた右田正男先生，魚類の学名等に就いて御教示を賜つた阿部宗明氏並びに実験材料の採集に御助力を賜つた中井淳氏，猿田達雄氏，石橋正氏に深謝の意を表する。

文　　献

1) Wöhlisch: *Biochem. Z.*, **247**, 329 (1932).
2) Cherbulies, Jeanneriay and Meyer: *Z. physiol. chem.*, **255**, 241 (1938).
3) Mirsky and Pauling (1936), Kühn (1937).…(Gustavson: "Advances in Protein Chemistry", Vol. **5**, pp. 369 (1949). より)
4) Gustavson: "Advances in Protein Chemistry", Vol. **5**, pp. 353 (1949).
5) 常　俊：神戸工試，**2**，1 (1940).
6) 菊地実，菊地真一：工化会誌，**42**，782 (1939)；**44**，441 (1941).
7) 大谷，下条：日水会誌，**15**，131 (1949).
8) Chater: *J. Intern. Soc. Leather Trades Chem.*, **13**, 427 (1929).
9) Powaynin and Aggen: *Collegium*, **650**, 198 (1924).
10) Hobbs: *J. Am. Leather Chem. Assoc.* **35**, 272 (1940).
11) Gustavson: *Svensk Kemisk Tidskrift*, **54**, 74 (1942).
12) 高　橋：日水会誌，**12**，35 (1943).
13) 高　橋：同上，**15**，599 (1950).

第十九巻　第四号

昭和二十八年八月二十日　印刷
昭和二十八年八月二十五日　発行

理学博士
田内森三郎先生還暦記念論文集

本号定価 800円
（送料別）

編集兼発行者　川田三郎
東京都中央区月島三号地東海区水産研究所内

発行所　日本水産学会
東京都中央区月島三号地東海区水産研究所内
振替口座東京59529番

印刷者　加藤松次
印刷所　株式会社 東海書房
発売所　株式会社 東海書房
東京都中野区江古田3の1223
電話中野(38) 4101